

EESTI TEADUS 2016



Eesti Teadusagentuur
Estonian Research Council



EESTI TEADUS 2016

SA Eesti Teadusagentuur
2016

Toimetuskolleegium:

Professor Jüri Allik (Tartu Ülikool)

Professor Urmas Varblane (Tartu Ülikool)

Professor Tiit Tammaru (Tartu Ülikool)

Toimetaja: Kadri Raudvere (SA Eesti Teadusagentuur)

Kujundus: Aide Eendra, UUN

Keeletoimetus: Luisa Tõlkebüroo OÜ

Trükk: Ecoprint AS

Fotode autorid:

Kaanefoto: Euroopa Kosmoseagentuur, andmetöötlus Kaupo Voormantsik (Tartu Observatoorium). (2015).

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thunderstorms_over_Estonia_on_a_Copernicus_Sentinel-1_synthetic_aperture_radar_image.jpg

Artiklite fotod: Triinu Visnapuu, Kesti Tammus, Enno Merivee, Heiti Paves, Sulev Kuuse.

© SA Eesti Teadusagentuur.

See trükis on leitav SA Eesti Teadusagentuuri kodulehelt:

<http://www.etag.ee/teadusagentuur/publikatsioonid/> (eesti keeles)

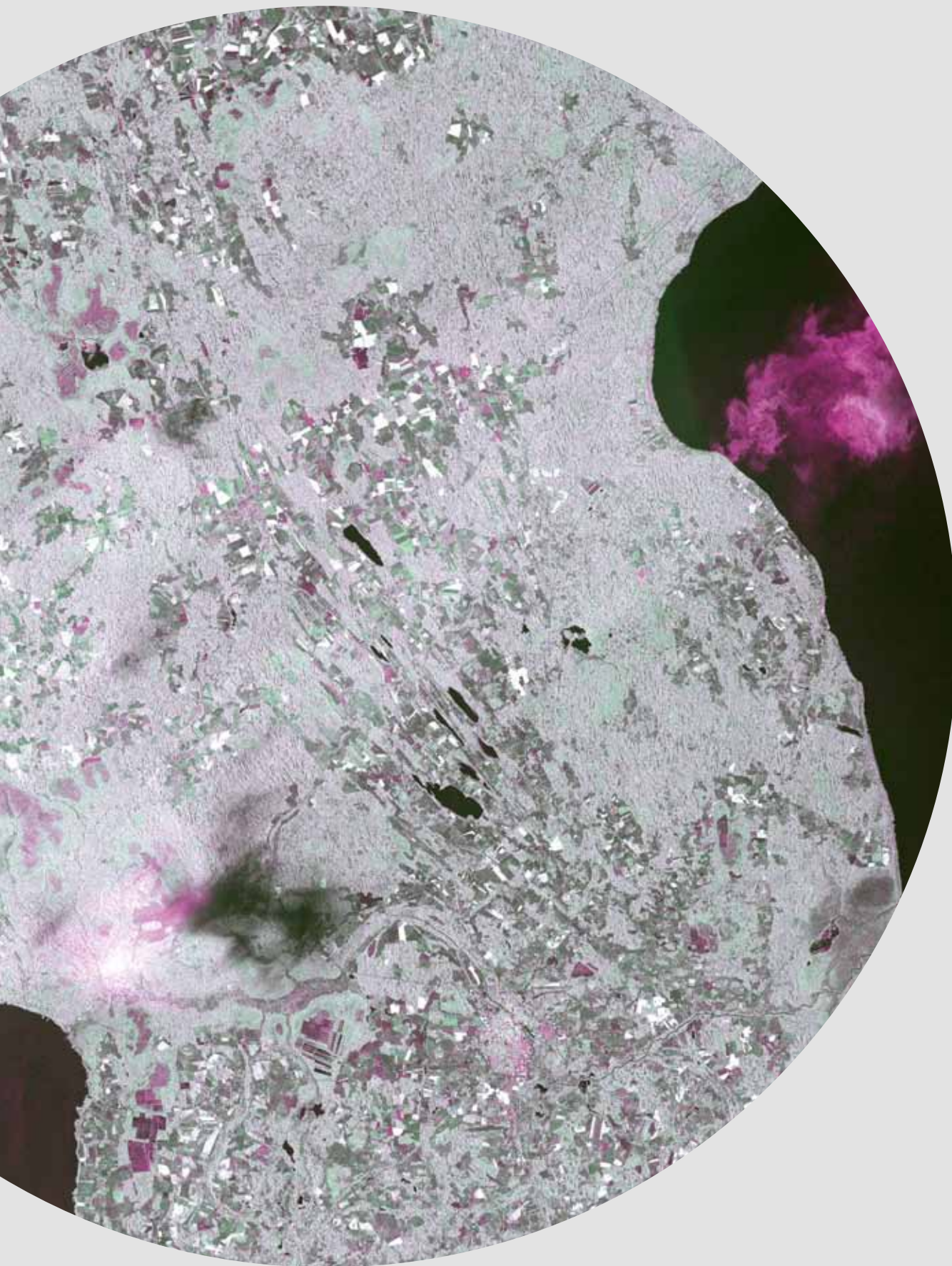
<http://www.etag.ee/en/estonian-research-council/publications/> (inglise keeles)

ISSN: 2504-7035

ISSN (võrguväljaanne): 2504-7043

Sisukord

Eessõna (M. Lauri)	5
Sissejuhatus (A. Koppel)	7
Kulutused teadus- ja arendustegevusele: investering tulevikku (A. Koppel)	11
Doktorikraad ja teadustöötajad tööturul: Eesti Euroopa riikide võrdluspeeglis (T. Tammaru)	19
Teaduspublikatsioonid: Eesti tõus maailma tippu (J. Allik)	25
Teadus- ja arendustegevus ja tootlikkus rahvusvahelises võrdluses (U. Varblane, K. Ukrainski)	31
Aktuaalsed teemad	43
Teaduse rahastamise süsteem vajab ümberkorraldamist (A. Koppel, K. Jaanson, S. Rutiku)	43
Järelkasv ja teadlaskarjäär (H. Lukner)	44
Teaduse tähtsus ja mõju ühiskonnale (R. Kitt)	47
Avatud teadus (O. Hints)	48
Mis maksab aus teadus? (T. Maimets, K. Mäger)	50



Eesti suures pildis. Äike Eesti kohal 12. augustil 2015.
Vaade Copernicus programmi Sentinel-1 satelliidilt.

Autor: Euroopa Kosmoseagentuur, andmetöötlus Kaupo Voormantsik (Tartu Observatoorium), 2015.

Link pildile: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thunderstorms_over_Estonia_on_a_Copernicus_Sentinel-1_synthetic_aperture_radar_image.jpg (10.11.2016).

Eessõna

Ühiskonna ja majanduse areng ning hariduses ja teaduses toimuv on omavahelises seoses ja sõltuvuses. Mida jõukamaks saab riik, seda olulisemaks muutub see, kuidas suudetakse teadussaavutusi teisendada ettevõtlusele ja ühiskonnale kasulikeks toodeteks ja teenusteks. Samavõrd oluline on ühiskonna jaoks ka teadus- ja arendustegevuse tase ning uurimistööde tulemuslikkus. Kiiresti ja keerukamaks muutuv maailmas on tähtis leida tegurid ja viisid, mis võimaldavad ellu jääda ja kasvada ning teadus- ja arendustegevusel on selles kahtlemata põhiroll. Oluline on meeles pidada, et Eesti riigi, keele ja kultuuri püsimine on otseselt seotud hariduse taseme ning teadus- ja arendustegevusega.

Sellest ülevaatest näeme, et paljud Eesti teaduse kvaliteedinäitajad on OECD ja EL-i keskmisest paremad. Samas on meil vaja mitmes aspektis kõvasti pingutada. Olgu selleks siis teaduse ja ettevõtluse tihedam seostamine, erasektori teadusinvesteeringute suurendamine, teadlaskonna järelkasvu tagamine või rahastamise kindlustamine.

Mõnes edetabelis parema positsiooni saavutamine pole eesmärk iseeneses – pingutusi on vaja selleks, et suurendada teaduse majanduslikku ja ühiskondlikku mõju. Teadusesse investeerimine on alati riskantne, sest tulemused pole kindlalt prognoositavad, aga kui me neid investeeringuid ei teeks, siis välistaksime arengu. See tähendab, et teadusinvesteeringuid tuleb teha kaalutletult, hinnates võimalusi ja riske.

Hea rahvusvaheliselt võrreldav statistika on eelduseks adekvaatsele olukorrahinnangule ja targa teaduspoliitika kujundamisele. See statistikaülevaade koos ekspertide kommentaaridega annab hea aluse edasisteks aruteludeks ja otsusteks.

Head lugemist!

Maris Lauri

haridus- ja teadusminister



Sipelgad suhkrusiirupit nälpsimas.

Autor: Heiti Paves (Tallinna Tehnikaülikool, geenitehnoloogia instituut), 2012.

Sissejuhatus

Andres Koppel

Eesti Teadusagentuur, juhatuse esimees

Kuidas läheb Eesti teadusel ja teadlastel, kuhu meie teadus paigutub rahvusvahelistel võrdluskasuladel? Sellistele ja paljudele teistele teadust puudutavatele küsimustele leiab vastuseid arvukatest artiklitest, statistilistest ülevaadetest ja andmekogudest.

Eesti teaduse, arendustegevuse ja innovatsiooni kohta kogutakse palju informatsiooni. Paraku on see teave hajutatud eri infokanalite ja -valdajate vahel. Selleks, et muuta informatsioon Eesti teaduse, teadlaste ning teaduse ja ettevõtluse suhete kohta paremini kättesaadavaks, otsustasime välja anda käesoleva ülevaate.

Ülevaade koosneb kahest omavahel seotud osast. Esimene osa sisaldab fakte Eesti teaduse kohta koos lühikeste kommentaaridega. See osa on jaotatud nelja suuremasse plokki. Esimesed kaks käsitlevad teaduse ressursse – teadust käimashoidvat rahalist ressursi ja teadlaskonda iseloomustavaid arvandmeid. Kaks viimast plokki kirjeldavad tulemusi, mis kahe ressursi koostamisel tekivad. Esmalt teaduse suhteliselt lihtsalt mõõdetavaid väljundeid – publikatsioone – ning seejärel palju raskemini mõõdetavaid väljundeid – teaduse ja majanduse seoseid. Teine osa koosneb lühikarikalistest praegusel ajal aktuaalsetest teaduspoliitilistest küsimustest. Selleks, et materjal oleks lugejale piisavalt ülevaatlik, pidime paratamatult piirduma nende teemadega, mis on praegu Eesti teadussüsteemi arengus esiplaanil. Kogumiku illustreerimiseks on kasutatud Eesti teadlastelt saadud fotosid.

Selleks, et hinnata meie teadussüsteemi laiemas perspektiivis, tunda uhkust meie tugevuste üle, aga eeskätt tuvastada nõrkusi ja ohtusid, on vaja vaadelda teadussüsteemi arengut ajas ning võrdluses teiste riikidega.

Kuigi kogumiku pealkiri viitab aastale 2016, piirduvad esitatud andmed 2016. aasta septembri keskpaigas kättesaadavate andmetega. Paraku ulatuvad mõned aegread vaid 2014. aastani, üksikutele juhtudel veel varasemasse aega. Kasutatud on OECD andmebaaside ja raportite, Eurostati, Eesti Statistikaameti, Haridus- ja Teadusministeeriumi, Rektorite Nõukogu, SA Archimedese ja Eesti Teadusagentuuri andmeid. Teaduspublikatsioonide kohta pärinevad andmed ka ISI Web of Science'i artiklite andmebaasist.

Käesolev ülevaade ja selles esitatud joonised on kättesaadavad Eesti Teadusagentuuri kodulehel¹. Samas on tabelite kujul kättesaadav ka graafikutel esitatud informatsioon. Seega on huvilistel võimalik esitatud andmeid kasutada selleks, et materjali ise edasi analüüsida või vajaduse korral sobilikul graafilisel kujul esitlustes kasutada. Oleme püüdnud kasutada

kõikidel juhtudel kõige uuemaid kättesaadavaid andmeid. Ülevaatekogumiku koostamist juhtis kolmeliikmeline toimetuskolleegium: professorid Urmas Varblane, Jüri Allik ning Tiit Tammaru. Materjali kogumisel ja töötlemisel olid suureks abiks Eesti Teadusagentuuri töötajad, kõige enam analüütik Kadri Raudvere ja tegevjuht Karin Jaanson. Suur tänu teile ning kõikide artiklite ja fotode autoritele.

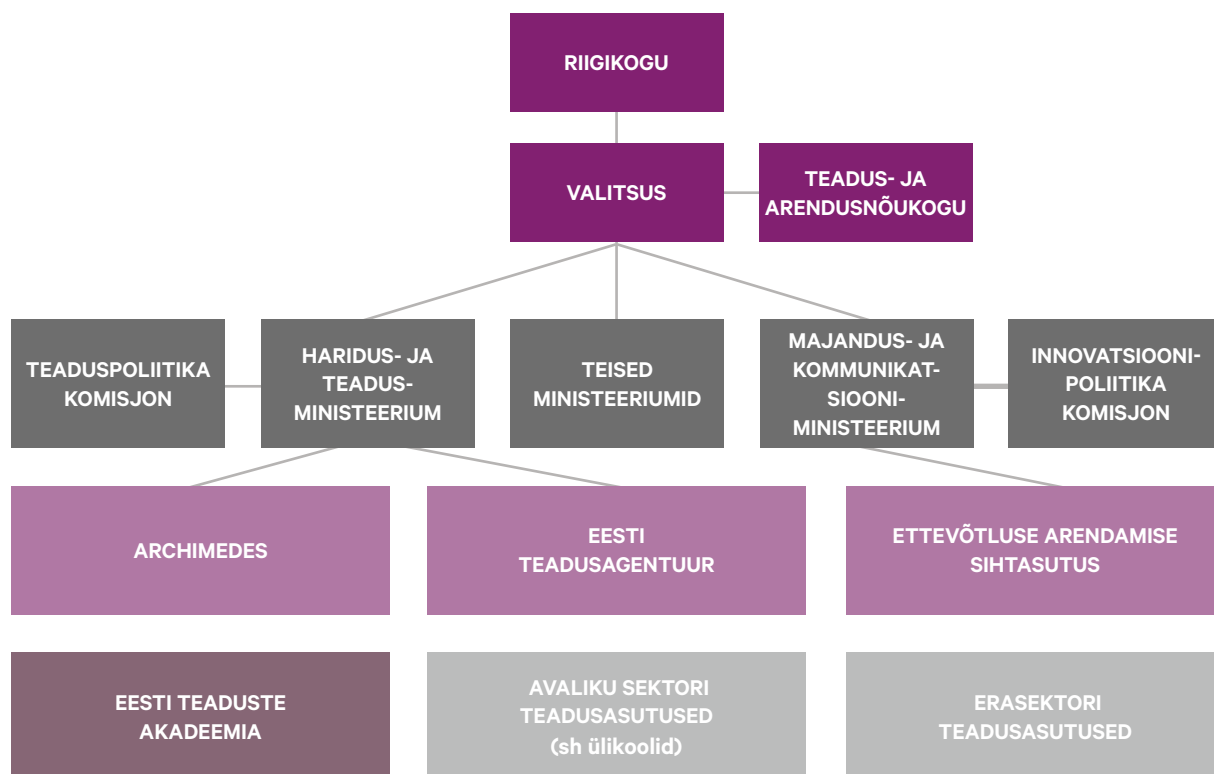
Loodame, et ülevaates toodud andmestik pakub mõtlemisainet nii teadlastele, poliitikakujundajatele kui ka teistele teaduse vastu huvi tundvatele inimestele. Loodame, et toodud informatsioon annab lugejatele paremaid võimalusi kaasa lüüa argumenteeritud aruteludes selle üle, kuidas Eesti teadus võiks senisest enam kaasa aidata Eesti elu edendamisele ning mida oleks vaja teha, et teadus ka ise paremini areneks.

Eesti teadussüsteem

Eesti teaduskorralduse organisatsioonilise struktuuri ja toimimise aluseks on teadus- ja arendustegevuse korralduse seadus. Riigikogu kinnitab teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni alased strateegiadokumendid ning arutab kord aastas peaministri ettekannet teadustegevuse strateegia täitmisest, samuti kinnitab riigieelarves teadustegevuseks ettenähtud vahendid. Vabariigi Valitsus kujundab teaduspoliitikat ning valmistab ette riigi teadus- ja arendustegevust suunavad valdkondlikud arengukavad ja koordineerib ministeeriumidevahelist koostööd. Vabariigi Valitsusele annab asjakohast nõu Teadus- ja Arendusnõukogu.

- Poliitikakujundajateks on Riigikogu ja Vabariigi Valitsus, millele annab nõu Teadus- ja Arendusnõukogu.
- Poliitika ettevalmistajateks ning valdkondlikeks rakendajateks on ministeeriumid. Haridus- ja Teadusministeeriumit nõustab teaduspoliitika komisjon ning Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumit nõustab innovatsiooni- poliitika komisjon.
- Põhilisteks teadust finantseerivateks ja toetavateks organisatsioonideks on Haridus- ja Teadusministeerium ning Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, mille vastutusalas töötavad teadust rahastav Eesti Teadusagentuur ja innovatsioonitegevust rahastav Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus.
- Teadus- ja arendustegevust viivad ellu ülikoolid ning teised avaliku ja erasektori kõrgharidus- ja teadusasutused.
- Oma seaduse alusel tegutseb Eesti Teaduste Akadeemia, mis sõltumatu kõrge tasemega teadlaste ühendusena aitab kaasa Eesti teaduse ning riigi sotsiaalse ja majandusliku arengu küsimuste lahendamisele.

¹ www.etag.ee



Eesti teadus- ja arendustegevuse organisatsiooniline struktuur.

Allikas: Eesti Teadusagentuur.

Eesti teadus- ja arendusasutused

Korralise evalveerimise on positiivse tulemusena läbinud 20 teadus- ja arendusasutust. Nende seas on kuus avalik-õiguslikku ülikooli: Tartu Ülikool, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinna Ülikool, Eesti Maaülikool, Eesti Muusika- ja Teatriakadeemia ning Eesti Kunstiakadeemia. Lõviosa Eesti teadustöötajatest on koondunud ülikoolidesse, kus tehakse ka enamik teadustööst.

Teiste teadusasutuste arv on aastatega vähenenud, suur osa varem eraldi tegutsenud uurimisinstituute on liitunud ülikoolidega ning 2016. aastal on alanud läbirääkimised mitme seni riigi või avalik-õigusliku teadusasutuse võimalikuks ühinemiseks ülikoolidega.

Riigi teadusasutusena tegutsevad Haridus- ja Teadusministeeriumi vastutusalas Eesti Kirjandusmuuseum, Eesti Keele Instituut, Tartu Observatoorium ja Eesti Biokeskus, Sotsiaalministeeriumi vastutusalas Tervise Arengu Instituut ning Kultuuriministeeriumi vastutusalas Eesti Rahva Muuseum.

Oma seaduse alusel tegutsevaid teadusinstituute on Eestis vaid üks – Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut. Eesti Teaduste Akadeemia alluvuses tegutseb Teaduste Akadeemia Underi ja Tuglase Kirjanduskeskus.

Eraõiguslikest teadusasutustest on positiivselt evalveeritud kuus: Cybernetica AS, Protobios OÜ, Estonian Business School, Vähiuuringute Tehnoloogia Arenduskeskus AS, Tervisetehnoloogiate Arenduskeskus AS ja OÜ Tervisliku Piima Biotehnoloogiate Arenduskeskus.

Kasutatud mõisted ja metoodika

Avalik sektor – käesolevas ülevaates mõistetakse avaliku sektori all kõrgharidussektorit ja riiklikku sektorit.

Erasektor – käesolevas ülevaates mõistetakse erasektori all ettevõtlussektorit ja kasumitaotluseta erasektorit.

Avaliku ja erasektori üksuste mõistmisel lähtutakse omakorda rahvusvahelisest metoodikast, kus:

- ettevõtlussektor – kõik ettevõtted, organisatsioonid ja institutsioonid, mille põhitegevus on kaupade tootmine või teenuste (v.a kõrgharidusteenuste) pakkumine müügi- ja majanduslikult tasuva hinna eest;
- kõrgharidussektor – ülikoolid ja teised kõrgharidust andvad õppeasutused ning nende otsese kontrolli all olevad või nendega ühendatud asutused (uurimisinstituudid, kliinikud, teaduskeskused jms) sõltumata rahastamisallikast või juriidilisest staatusest;

- riiklik sektor – riigi või omavalitsuse rahastatavad asutused ja üksused, mille põhitegevus ei ole kaupade tootmine ja teenuste pakkumine müügiks ning mis ei kuulu kõrgharidussektoris; siia kuuluvad ka põhiliselt riigi rahastatavad mittetulundusühingud;
- kasumitaotluseta erasektor – mittetulunduslikud ühingud, seltsid, fondid ja nende teadusüksused (v.a põhiliselt riigi rahastatavad või ettevõtlust teenindavad).

Kolme viimati nimetatud sektori koondnimetus on kasumitaotluseta sektorid, eristamaks neid ettevõtlussektorist.²

Personaalne uurimistoetus (PUT) – teadus- ja arendusasutuses töötava isiku või uurimisrühma kõrgetasemelise teadus- ja arendustegevuse projekti rahastamiseks eraldatav toetus, mida taotletakse avalikul konkursil Eesti Teadusagentuuri kehtestatud ning Haridus- ja Teadusministeeriumiga kooskõlastatud tingimustel ja korras; taotluste hindamise korraldab ja Haridus- ja Teadusministeeriumi teaduseelarvest finantseeritavad toetused eraldab Eesti Teadusagentuur.

Institutsionaalne uurimistoetus (IUT) – teadus- ja arendusasutuse kõrgetasemelise teadus- ja arendustegevuse ja sellega kaasnevate tegevuste (uurimisteemade) rahastamiseks, teadus- ja arendusasutuse teadus- ja arendustegevuse järjepidevuse tagamiseks ning selleks vajaliku taristu ajakohastamiseks, täiendamiseks ja ülalpidamiseks eraldatav toetus; eraldatakse riigieelarvest Haridus- ja Teadusministeeriumi eelarve kaudu, taotluste hindamise korraldab Eesti Teadusagentuur.³

Baasfinantseerimine – teadus- ja arendustegevuse finantseerimine teadus- ja arendusasutuste strateegiliste arengueesmärkide realiseerimiseks, sealhulgas riigisiseste ja -väliste projektide kaasfinantseerimiseks, uute uurimissuundade avamiseks ning infrastruktuuri investeerimiseks. Baasfinantseerimist eraldatakse teadus- ja arendusasutustele, mille teadus- ja arendustegevust on positiivselt evalveeritud.⁴

² Mõisted ja metoodika. (2006). Statistikaamet. – http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/19Teadus._Tehnoloogia._Innovatsioon/04Teadus-_ja_arendustegevus/10Teaduse_uldandmed/TD_01.htm (20.10.2016).

³ Uurimistoetused. (2016). Eesti Teadusagentuur. – <http://www.etag.ee/rahastamine/uurimistoetused/> (20.10.2016).

⁴ Baasfinantseerimine ja tippkeskused. (2016). Haridus- ja teadusministeerium. – <https://www.hm.ee/et/tegevused/teadus/baasfinantseerimine-ja-tippkeskused> (20.10.2016).



Hallitusseene *Aspergillus Sp* eospead.

Autor: Sulev Kuuse (Tartu Ülikooli Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut), 2007.

Kulutused teadus- ja arendustegevusele: investering tulevikku

Andres Koppel

Eesti Teadusagentuur, juhatuse esimees

Sissejuhatus

Teadus- ja arendustegevusele tehtavate kulutuste (edaspidi ka TA kulutused) osakaal rahvuslikust koguproduktist on üks lihtsamaid mõõdupuid, mida kasutatakse riikide arenguvõime võrdlemisel. Üldreeglina kehtib lihtne seaduspärasus: suuremate TA kulutustega riikide majandus on konkurentsivõimelisem ja nende elanike elatustase on kõrgem. Täna tehtavad TA kulutused on olemuselt riikide parema tuleviku nimel tehtavad investeringud.

Ega asjata pole enamik Euroopa riikidest, sealhulgas ka Eesti, seadnud strateegilisteks eesmärkideks TA kulutuste kasvatamise. Aastaks 2020 peaks Eesti sellekohased kulutused jõudma 3%-ni SKP-st, millest 1% peaks moodustama avaliku sektori ja 2% erasektori TA kulutused⁵.

Selleks, et teadus toimiks ühiskonna ja riigi hüvanguks hästi töötava mootorina, ei piisa loomulikult vaid rahaliste investeeringute kasvatamisest. Oluline on ka teadussüsteemi korralduse tõhustamine ning kõikide teadust ja ühiskonda sidustavate süsteemide koostoime kasvatamine.

Alljärgnev ülevaade keskendub siiski vaid ühele osale teadussüsteemi omadustest – TA kulutustele.

Eesti jääb teaduskulutustelt arenenud riikidest tublisti maha

Eesti viimase kümmekonna aasta TA kulutusi iseloomustavad kaks üldisemat trendi (joonis 1.1). Esiteks: avaliku sektori (nüüd ja edaspidi vaadeldakse selle all koos riikliikku ja kõrgharidus-sektorit) kulutused on püsinud üsna ühtlasel tasemel, 2009. aasta majanduslanguse järel toimus langus, sellele järgnes vähehaldane kasv. Kasvu allikaks on olnud peamiselt Euroopa Liidu struktuurivahendid. Teiseks: erasektori (nüüd ja edaspidi vaadeldakse selle all koos ettevõtlussektorit ja kasumitaotluseta erasektorit)⁶ TA kulutused on aastate arvestuses olnud väga heitlikud, vähem kui kümneaastase ajavahemiku (2008–2014) jooksul on muutused ligikaudu kolmekordsed. Vahepealne tõus tulenes suurtest ühekordsetest investeringutest öli- ja

energiatööstusse aastail 2011 ja 2012. Erasektori TA kulutuste osakaalu kasv 2011. aastal ligikaudu 1,5%-ni SKP-st viis Eesti TA kogukulutuste osakaalu 2,31%-ni ning Eesti jõudis selle näitaja poolest maailmas eeskujulikule positsioonile. Aastaks 2014 oli erasektori kulutuste osakaal vaid 0,64% ja avaliku sektori osa 0,79% SKP-st.

Eesti jääb OECD poolt vaadeldud riikide seas TA kulutuste osas pingerea alumisse poolde (joonis 1.2). Pingerea esimestest, Koreast ja Iisraelist, jääb Eesti maha ligikaudu kolm, Soomest, Rootsist ja Taanist enam kui kaks korda. Mahajäämuse peamine põhjus tuleneb erasektori vähestest TA kulutustest. Joonisel 1.2 toodud riikidest ületavad kolmekümnes riigis erasektori TA kulutused avaliku sektori osa ning vaid seitsmes riigis (Eesti, Portugal, Türgi, Poola, Slovakkia, Kreeka ja Rumeenia) on avaliku sektori osa erasektori omast suurem.

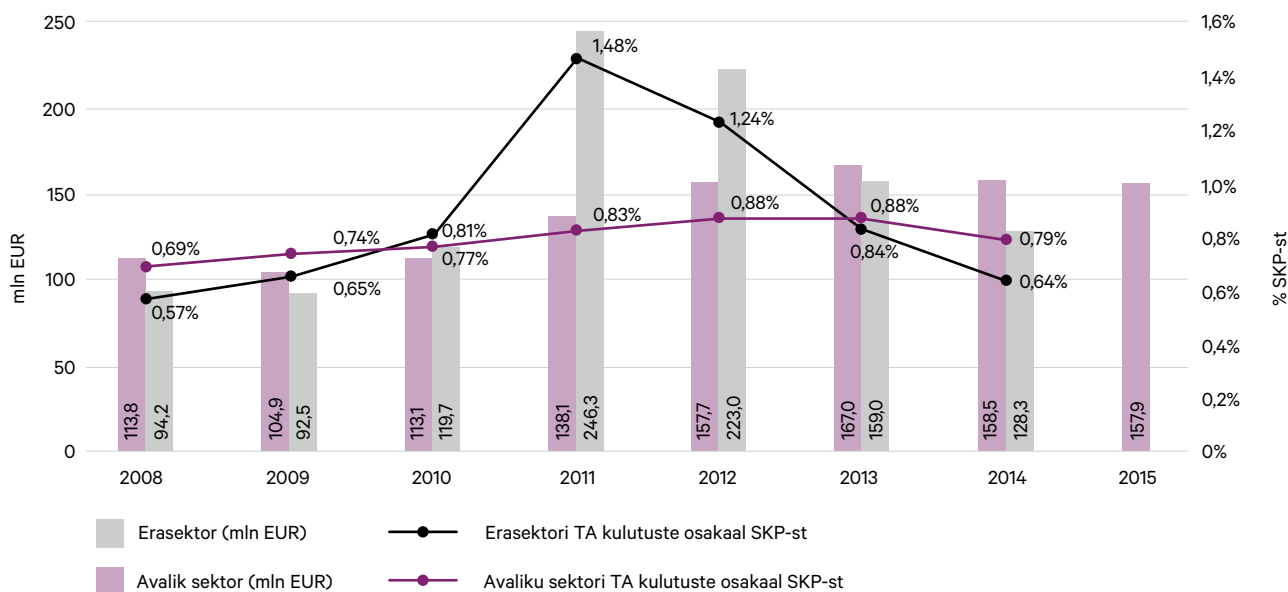
Tuleb silmas pidada seda, et TA kulutuste osakaal SKP-st iseloomustab ühiskonna suhtelist pingutust TA süsteemi investeerimisel. Kui arvestada riikide SKP taseme suuri erinevusi, on reaalselt TA kulutuste erinevused veelgi ulatuslikumad. Kuna avaliku sektori teadustöö on kogu maailmas üks enam konkurentsile avatumaid töövaldkondi, muutub väga suur riikide vaheline teaduse rahastustasemete erinevus teadlaskonna liikuvuse (ja migratsiooni) oluliseks teguriks. Kuidas see puudutab Eestit? Väga lihtsalt öeldes: kui Eesti teadussüsteemi atraktiivsus praegusega võrreldes ei kasva või hoopis väheneb, siis on meil oht kaotada oma talente ning võimalus Eestisse meelitada teiste riikide asjalikke teadlasi jääb täitumata unistuseks.

Teaduse tegijate ja rahastajate suhted on läbipõimunud (joonis 1.3). TA kulutuste statistikaga vähem kokku puutunud lugejal võib eri allikatest saadud info tekitada tõlgendamisel segadust. Oluline on vaadelda seda, kes teadustööd rahastab ning kus seda tööd ja kulutusi tehakse. Eesti TA peamine rahastaja on riik. Enamik riigi eraldatud rahast (90%) kulutatakse avaliku sektori teadustöö tegemiseks ja ligikaudu 10% riigi TA rahast suunatakse erasektorile. Erasektori TA rahast kulutatakse samas sektoris protsentuaalselt veelgi enam: erasektori sisetelt kasutatakse 94% ning vaid 6% eest oma TA kuludest tellib erasektor teadustööd ülikoolidelt ja teadusasutustelt. Põhjalikult analüüsitakse sektoritevahelisi rahastussuhteid ning Eesti sellekohaseid võrdlusandmeid teiste riikidega käesolevas kogumikus U. Varblase ja K. Ukrainski artiklis.

Välismaalt laekuvatest TA vahenditest (nende seas on üle poole EL-i raamprogrammide vahendid ja alla poole ettevõtluslepingud) läheb ligikaudu kaks kolmandikku avalikule ja üks kolmandik erasektorile.

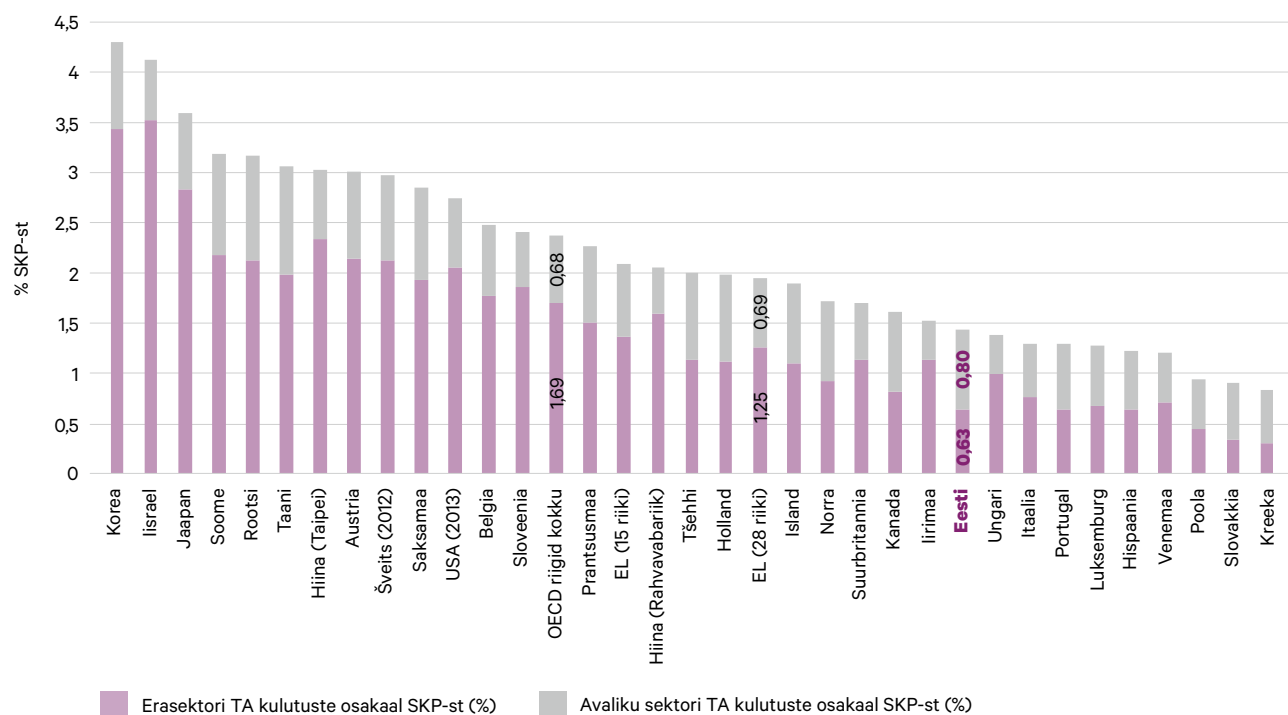
⁵ Strateegia „Teadmistepõhine Eesti” finantsplaani kohaselt pidanuks teadus- ja arendustegevuse rahastamine riigi- ja kohalikust eelarvest 2015. aastaks tõusma 1%-ni SKP-st ja edaspidi jääma sellele tasemele. (Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2014–2020. „Teadmistepõhine Eesti”. (2014). Haridus- ja teadusministeerium. – https://www.hm.ee/sites/default/files/tai_strateegia.pdf (24.10.2014))

⁶ Kuna erasektori alla on siinkohal arvatud ka kasumitaotluseta erasektor, siis vastavate kulutuste suhtarvud ei ühti täpselt rahvusvaheliselt sageli kasutatava ettevõtete TA kulutuste osakaaluga TA-st (*business enterprise intramural expenditure on R&D, BERD*).



Joonis 1.1. TA kulutuste maht Eestis (mln EUR) ja nende osakaalud SKP-st aastatel 2008–2014.

Allikas: Statistikaamet⁷, 2015. aasta erasektori andmed trükise koostamise ajal puudusid.



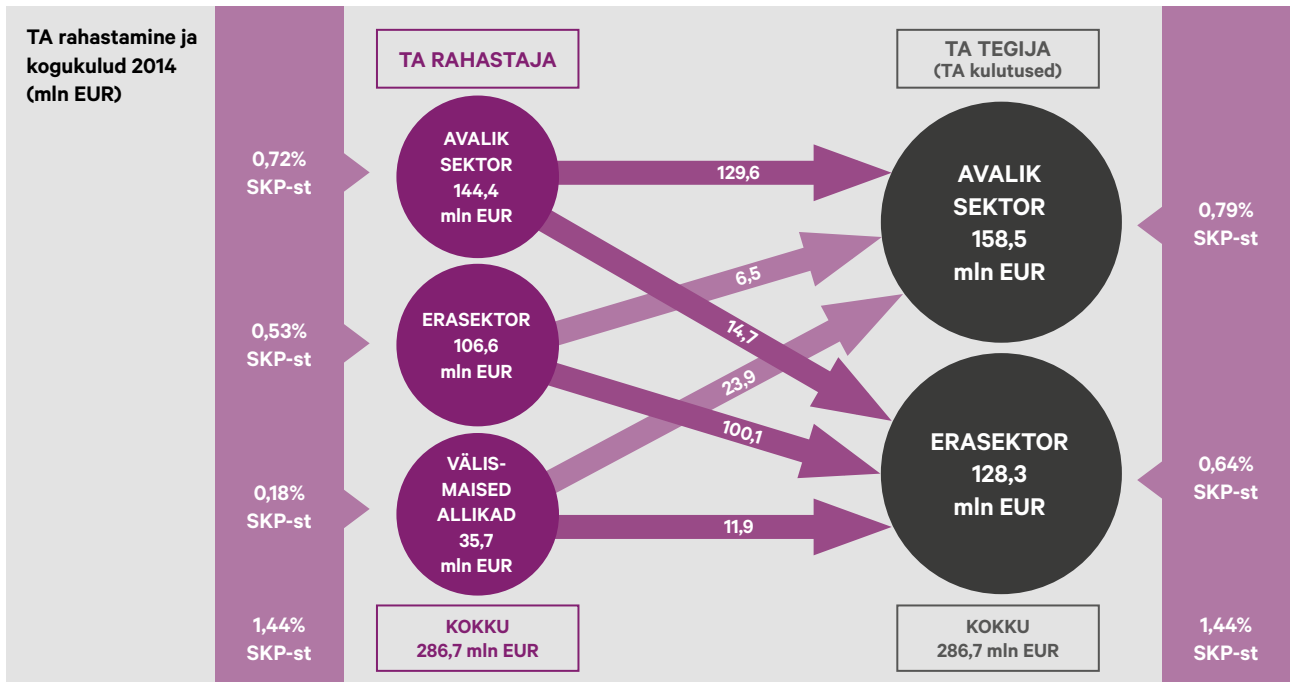
Joonis 1.2. Teadus- ja arenduskulutuste osakaal SKP-st 2014. aastal.

Allikas: OECD.^{8,9}

⁷ Statistikaamet. www.stat.ee (20.10.2016).

⁸ Main Science and Technology Indicators Database. (2016). OECD.

⁹ Erinevused joonistel 1.1. ja 1.2. (suhtarvude 0,01-protsendipunktilised vahed 2014. aastal) tulenevad erinevate allikate (Statistikaamet ja OECD) poolt kasutatavast erinevast komakohtade arvust ümardamisel.

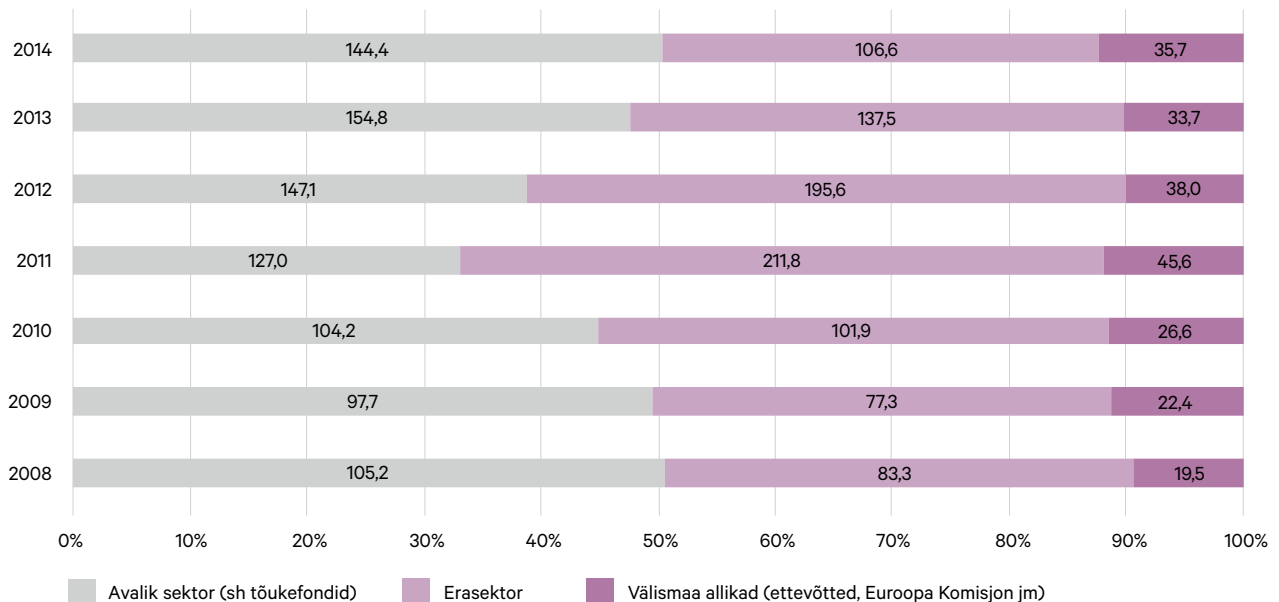


Joonis 1.3. TA rahastamine ja kogukulud 2014. aastal (mln EUR).

Allikad: Statistikaamet¹⁰ ja OECD¹¹, Eesti Teadusagentuuri arvutused.

Ajavahemikus 2008–2014 on avaliku ja erasektori kulutuste osakaalud pidevalt muutunud (joonis 1.4), mille põhjustas ühelt poolt erasektori TA kulutuste volatiilsus ja teiselt poolt suured kõikumised ka avaliku sektori kulutustes, mille põhjuseks on EL-i tõukefondide raha kasutamise maht (nt

investeeringud suurtesse teadushoonetesse). Iseloomulik on välisrahastuse kasvutrend. Välisrahastuse aastatevahelistes muutustes mängib põhirolli EL-i raamprogrammide tsüklilisus (vt ka joonis 1.10).



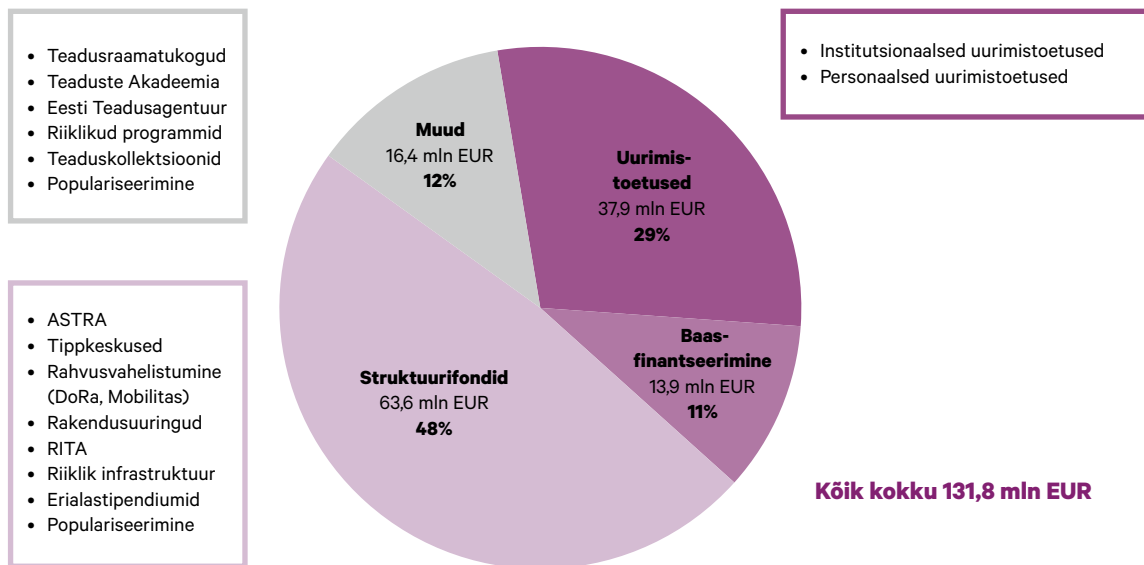
Joonis 1.4. TA kulutuste jagunemine rahastajate vahel aastatel 2008–2014. Tulbad näitavad TA rahastusallikate proportsioone (%) ja arvud tulpadel kulutuste mahtu (mln EUR).

Allikas: OECD¹².

¹⁰ Statistikaamet. www.stat.ee (10.10.2016).

¹¹ Main Science and Technology Indicators Database. (2016). OECD. – www.oecd.org/sti/msti.htm (07.10.2016).

¹² Research and Development Statistics. (2016). OECD. – www.oecd.org/sti/rds (07.06.2016).



Joonis 1.5. Haridus- ja teadusministeeriumi teaduseelarve ja selle põhikomponentide mahud 2014. aastal (mln EUR).

Allikas: Riigieelarve.

Eesti teadus sõltub väga suurel määral Euroopa Liidu toetustest

Eesti riigi TA investeeringuid iseloomustab väga suur Euroopa Liidu struktuurifondide osakaal. Nii moodustas 2011.–2015. aastal struktuurifondide raha üle poole kogu haridus- ja teadusministeeriumi teaduseelarvest¹³. Selline olukord viitab väga ohtlikule nähtusele: teaduseelarve suurele sõltuvusele olemuselt lühiaegselt rahastusallikast. 2016. aastal on see osa langenud allapoole, 48%-le (joonis 1.5). Seda põhjustab nii TA tegevusele uuel perioodil eraldatavate struktuurivahendite mahu kahanemine kui ka positiivse nähtusena teaduse püsirahastuse komponentide eelarve kasv. Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegias 2014–2020¹⁴ (edaspidi TAI strateegia) nähakse ette, et struktuurifondide sõltuvusest vabanemiseks on vaja aegsasti ette näha asjakohane kava. Sõltuvussuhte kahandamiseks ja teadussüsteemi stabiliseerimiseks on mõõdapäasmatult vajalik püsirahastuse jätkuv kasv.

Teadusvaldkondade vahelised muudatused on väikesed

Avaliku sektori kulutuste teadusvaldkondliku jaotuse muster on olnud aastate lõikes üldjoontes üsna sarnane (joonis 1.6). Suurima osakaaluga on loodus- ja tehnikateadused ning arstiteadus. Täpsemal vaatlusel selgub, et kuue aastaga on keskmise (1,4-kordse) kulutuste kasvuga võrrelduna pisut enam

kasvanud sotsiaal- ja loodusteaduste ning arstiteaduse osakaal, mõnevõrra kahanenud on tehnika-, põllumajandus- ja humanitaarteaduste osakaal.

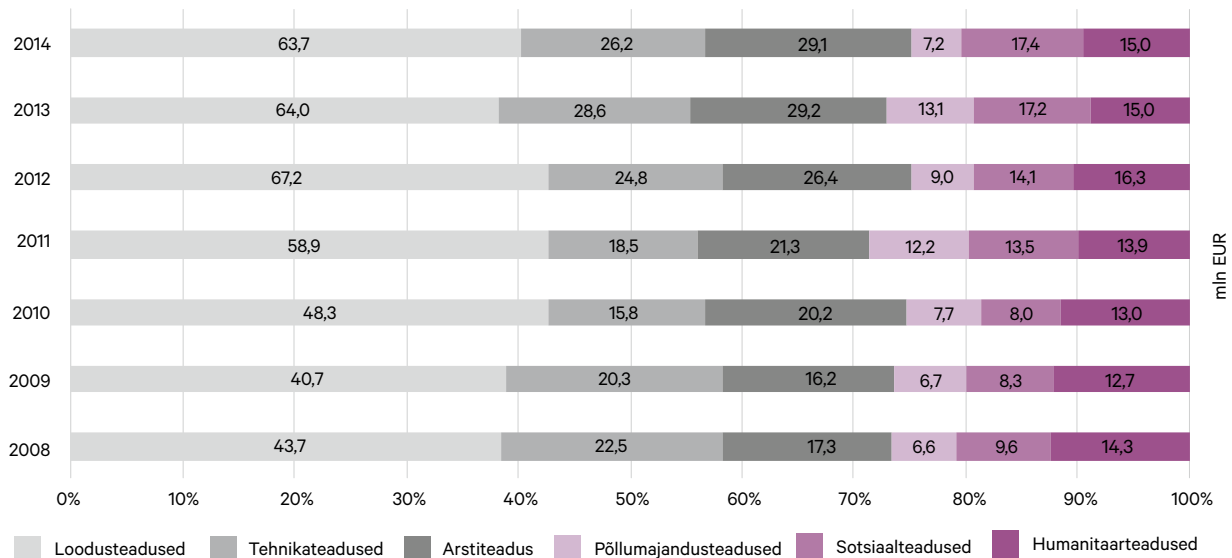
Haridus- ja teadusministeeriumi teaduseelarvest moodustavad mahukaima osa uurimistoetused (varem ka sihtfinantseerimine) ja teadusasutuste baasfinantseerimine. Need on peamised teaduse laia baasi säilitamiseks mõeldud riigi rahastusinstrumentid. 2012. aastal alanud muudatustega kujundati Eesti Teadusfondi (ETF) grantid ümber personaalseteks uurimistoetusteks (PUT) ja sihtfinantseeritavad teadusteemad institutsionaalseteks uurimistoetusteks (IUT). Joonis 1.7 kajastab toimunud muudatuste rahalist tausta. 2016. aastaga lõpeb pea täielikult üleminek ETF grantidelt ja sihtfinantseeritavatel teadusteemadel personaalsetele ja institutsionaalsetele uurimistoetustele. Jooniselt nähtub nende rahastusinstrumentide kahanemine majanduslanguse ajal, järgnev stagnatsioon ja 2013. aastast alanud aeglane, kuid siiski püsiv kasv, mille tulemusena on 2015. aastal saavutatud 2008. aasta tase. Lõviosa on kasv toimunud baasfinantseerimise suurenemise arvelt.

Uurimistoetuste jaotus nelja ETIS-e valdkonna¹⁵ vahel on aastate arvestuses olnud väga püsiv (joonis 1.8). Ei Eesti Teadusfond, Teaduskompetentsi Nõukogu ega 2012. aastast ka Eesti Teadusagentuuri hindamisnõukogu pole pidanud võimalikuks valdkondadevahelisi ressursside jaotuse proportsioone muuta. Eriliselt raske oleks seda teha olnud stagneerunud rahastuse taseme tingimustes.

¹³ Teiste ministeeriumide eelarvetes on struktuurifondide raha osakaal veelgi suurem.

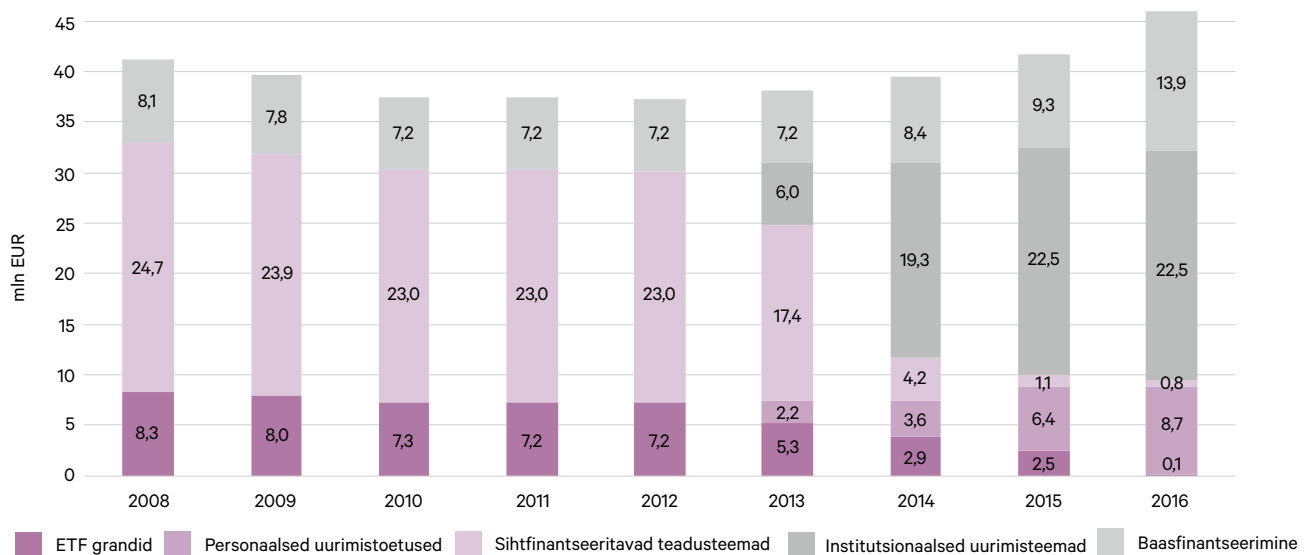
¹⁴ Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2014–2020. „Teadmistepõhine Eesti”. (2014). Haridus- ja teadusministeerium. – https://www.hm.ee/sites/default/files/tai_strateegia.pdf (24.10.2014).

¹⁵ Valdkonnad. Eesti Teadusinfosüsteemi teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator. Eesti Teadusinfosüsteem. – <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index#> (02.11.2016)



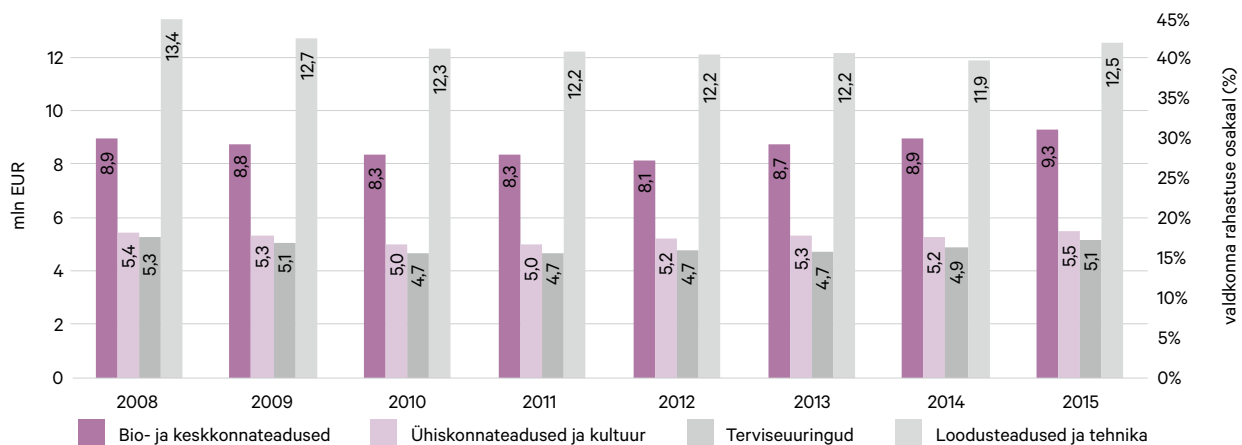
Joonis 1.6. Teadusvaldkondade osakaalud avaliku sektori TA kulutustes aastatel 2008–2014.

Allikas: Statistikaamet.¹⁶



Joonis 1.7. Institutsionaalse uurimistoetuse uurimisteemade, sihtfinantseeritavate teadusteemade, personaalse uurimistoetuse uurimisprojektide, Eesti Teadusfondi grandiprojektide ja baasfinantseerimise rahastamine aastatel 2008–2016 (mln EUR).

Allikas: Eesti Teadusagentuur.



Joonis 1.8. Institutsionaalse uurimistoetuse uurimisteemade, sihtfinantseeritavate teadusteemade, personaalse uurimistoetuse uurimisprojektide, Eesti Teadusfondi grandiprojektide rahastuse jagunemine valdkonniti (mln EUR ja selle osakaalud, %) aastatel 2008–2015 (ETIS-e klassifikaatori valdkondlike proportsioonide järgi).

Allikas: Eesti Teadusagentuur.

¹⁶ Statistikaamet. www.stat.ee (23.05.2016).

Uurimistoetuste taotlemisel on konkurents tihe

Nii personaalseid kui ka institutsionaalseid uurimistoetusi antakse välja konkursi korras. Uurimistoetuste taotlemine konkursi korras ning rangete kvaliteedistandardite seadmine uurimisraha saamise tingimusena oli Eesti taasiseseisvumise järgse teaduskorralduse üks alusprintsipi. Nende printsiipide rakendamine on Eesti teaduse kvaliteedihüppele aluse panekul kindlasti väga olulise panusega (vt J. Alliku artiklit käesolevas kogumikus).

Institutsionaalsete uurimistoetuste taotluste edukuse määr on olnud peaaegu kaks korda personaalsete uurimistoetuste konkursist leebem. Aastate arvestuses on IUT-de konkursi tihedus suuresti erinenud. See on sõltunud palju uute teemade rahastamiseks kasutada olnud raha mahust, mis

oli aastati erinev. Tavapäraste uurimistoetuste kohta oleks IUT-de puhul tegu väga suure edukusega. Aga arvestades selle uurimistoetuse institutsionaalset iseloomu, oli konkurss ikka liiga tihe, mistõttu on mitmed uurimissuunad jäänud kas rahastamata või on tugevasti alarahastatud.

Personaalsete uurimistoetuste konkurss on olnud kõige tihedam ühiskonnateaduste ja kultuuri ning loodusteaduste ja tehnika valdkonnas, kus edukuse määr on tavaliselt jäänud alla 20%. Konkurentsi kasv iseloomustab viimasel aastakümnel kõiki maailma teadust rahastavate organisatsioonide uurimistoetuste skeeme. Kuigi paljudel juhtudel on konkursisõel Eestist veelgi tihedam, tuleb 20% edukuse määra pidada liiga madalaks, see kulutab teadlaste nappi ajaressurssi, muudab uurimistoetuste menetluse kohmakaks ja raiskab selleks kuluvat raha.

Tabel 1.1. Edukuse määr IUT ja PUT taotlusvoorudes (projektide algusaasta järgi) aastatel 2013–2016.

	Rahastatud projektide osakaal kõigist taotlustest				
	Bio- ja keskkonna- teadused	Loodusteadused ja tehnika	Terviseuuringud	Ühiskonna- teadused ja kultuur	Kokku
IUT 2013	50,0%	40,0%	77,8%	26,7%	41,3%
IUT 2014	68,6%	59,1%	64,3%	48,5%	59,5%
IUT 2015	50,0%	39,4%	50,0%	30,4%	40,5%
PUT 2013	23,1%	22,2%	26,7%	18,3%	21,6%
PUT 2014	9,8%	14,0%	21,7%	11,1%	13,1%
PUT 2015	28,0%	21,2%	35,3%	18,8%	23,0%
PUT 2016	27,1%	16,7%	27,3%	13,1%	19,0%

Allikas: Eesti Teadusagentuur.

Tabel 1.2. Tippkeskused aastatel 2008–2022. Rahastuse maht (mln EUR) on toodud kogu rahastusperioodi kohta.

Tippkeskused 2008-2015	Eelarve kokku (mln EUR)	Tippkeskused 2016-2022	Eelarve kokku (mln EUR)
Keskkonnamuutuste kohanemise tippkeskus	3,1	Globaalmuutuste ökoloogia looduslikes ja põllumajanduskooslustes	4,4
Mesosüsteemide teooria ja rakendused	2,9	Tume universum	4,0
Kõrgtehnoloogilised materjalid jätkusuutlikuks arenguks	2,9	Kontrollitud korrastatus kvant- ja nanomaterjalides	3,9
Dark Matter in (Astro)particle Physics and Cosmology	1,5	Uudsed materjalid ja kõrgtehnoloogilised seadmed energia salvestamise ja muundamise süsteemidele	4,7
Mittelineaarsete protsesside analüüsi keskus	2,7	Genoomika ja siirdemeditsiini tippkeskus	5,1
Bioloogilise mitmekesisuse tippkeskus	4,3	Molekulaarse rakutehnoloogia tippkeskus	4,8
Genoomika tippkeskus	4,8	Eesti-uuringute tippkeskus	4,8
Siirdeuuringud neuroimmunoloogiliste haiguste paremaks diagnostikaks ja raviks	5,0	Teadmistepõhise ehituse tippkeskus	4,4
Arvutiteaduse tippkeskus - EXCS	4,2	IT-tippkeskus EXCITE	5,1
Keemilise bioloogia tippkeskus	5,6		
Kultuuriteooria tippkeskus	4,8		
Integreeritud elektroonikasüsteemide ja biomeditsiinitehnika tippkeskus	4,7		
Kokku	46,5		41,2

Allikas: Eesti Teadusinfosüsteem (ETIS)¹⁷.

¹⁷ Eesti Teadusinfosüsteem. www.etis.ee (22.10.2016).

Väga oluline tippteaduse rahastamisviis on teaduse tippkeskuste skeem, mille teist ja kolmandat etappi rahastatakse EL-i tõukefondidest. Igasse tippkeskusesse kuuluvad mitme teadusasutuse uurimiserühmad. Tippkeskused loovad head võimalused asutuste ja uurimiserühmade koostöö arendamiseks, rahvusvaheliseks koostööks, noorte teadlaste järelkasvu toetamiseks, samuti teadustulemuste populariseerimiseks. Teaduse tippkeskuste tähtsust rõhutab ka OECD, kuna peale viimast majanduskriisi on paljud riigid SKP kasvu taastamise ja tootlikkuse tõstmise eesmärkidel seda meetet rohkem toetama ja arendama hakanud. Teaduse tippkeskused oma pikaajalisema finantseerimisega ühest küljest aitavad teaduse kvaliteeti parandada ja seeläbi tõsta tootlikkust, ent teisalt sisaldavad tulemuspõhisuse printsiipi.¹⁸

Eesti teaduse rahastamine on valdavalt konkurentsipõhine

Teaduse rahastamise instrumente võib jaotada rahastamisotsuste tegemise mehhanismi ning rahastaja ja finantside kasutaja suhte iseloomu järgi konkurentsipõhisteks ja mittekongurentsipõhisteks. Sellist jaotust on peetud lihtsustatuks ja ebatäpseks. Sisuliselt täpsemaks jaotuseks loetakse kolmijaotust selle järgi, kui vaba on rahastaja antud ressursi kasutamisel teadustöö tegija uurimisteemade sisu valikul¹⁹. Teemade ehk kitsamate projektide valik on tüüpiliste grantide puhul täiesti vaba (näiteks PUT-id ja IUT-id). Grantide eraldamise otsused tehakse konkursi korras. Programmilise rahastuse puhul määrab rahastaja teemad, aga nende sees täpsemate alaosalade või projektide valik võib olla tegijatele vaba. Uurimisprogrammide endi saamine võib samas olla konkurentsipõhine. Mitteprogrammilise rahastamise tüüp-näiteks on institutsionaalne plokkinantseerimine.

Üldisemate teaduspoliitiliste järelduste tegemiseks võib rahastusviiside kahetine jaotus (kongurentsipõhine, mille tavalisim vorm on projektifinantseerimine, ja mittekongurentsipõhine, mille tavalisim vorm on asutuste plokkinantseerimine, mida Eestis nimetatakse baasfinantseerimiseks) siiski kasulik olla. Andmed kahetise jaotuse kohta riikide kogu teaduskulutuse arvestuses on lünklikud, kättesaadavad on andmed peamiste avaliku sektori teadustöö tegijate, ülikoolide kohta.

Projektipõhise ja institutsionaalse plokkinantseerimise vahet on riikides, mille kohta OECD-l on vastavad andmed olemas, väga erinev (joonis 1.9). Kõrgeima projektifinantseerimise osakaaluga (65–71%) on Tšiili, Korea, Uus-Meremaa ja Lirimaa, madalaima projektifinantseerimise osakaalu ja suurima asutuste püsirahastusega (viimase osakaal 25–35%) on Šveits, Austria, Holland ja Taani. Soome, Tšehhi ja Norra puhul on kahe rahastusviisi osakaal ligikaudu võrdne.

Eestis ei ole statistikaamet sellekohaseid andmeid kogunud, mistõttu on joonisele 1.9 OECD andmetele Eestit lisades arvesse võetud kolme peamise riigi poolt teaduse finantseerimiseks kasutatava allika omavahelised proportsioonid (institutsionaalsete ja personaalsete uurimistoetuste summa ja baasfinantseerimise suhe). Sel viisil arvestades on suhe väga tugevalt projektipõhise rahastamise poole kaldu. Baasfinantseerimine algas Eestis 2005. aastal, siis oli suhe 90 : 10, kümne aasta pärast, 2015. aastaks oli suhe ligikaudu 80 : 20 ja 2016. aastal, mil baasfinantseerimine tõusis 50% võrra, 73 : 27. Tuleb silmas pidada, et EL-i struktuurifondidest rahastatud teaduse toetuskeemidest on enamik olemuselt konkurentsipõhised. Kõrghariduse andmiseks ülikoolidele plokkinantseeringuna antud tegevustoetus, mida kasutatakse osaliselt teadustööks, leevendab mõnevõrra Eesti teadusraha väga suurt konkurentsipõhisust. Madal asutuste baasfinantseerimise osakaal piirab ülikoolide ja teadusasutuste strateegiliselt tähtsate valikute tegemise võimalusi. Praeguseks on üldist heakskiitu pälvinud eesmärk kasvatada lähiaastatel asutuste baasfinantseerimist olulisel määral, et saavutada mõne aastaga suhe 50 : 50.

Eesti teadus on EL-i raamprogrammides üha edukam

Eesti teadlaste (ja ka erasektori asutuste ja ettevõtete) osalemine EL-i teadus- ja arendustegevuse raamprogrammides on aastatega pidevalt kasvanud. Kuigi üksikute aastate arvestuses on nii edukate projektitaotluste kui ka rahastamise maht programmide tsüklilise iseloomu tõttu kõikunud, on üldine kasvutrend märkimisväärne. Nii näiteks ületas 2005. aastast raamprogrammi projektide rahaline maht ETF-i grantide ja hiljem personaalsete uurimistoetuste mahu, viimastel aastatel on see vahe juba enam kui kahekordne (joonis 1.10).

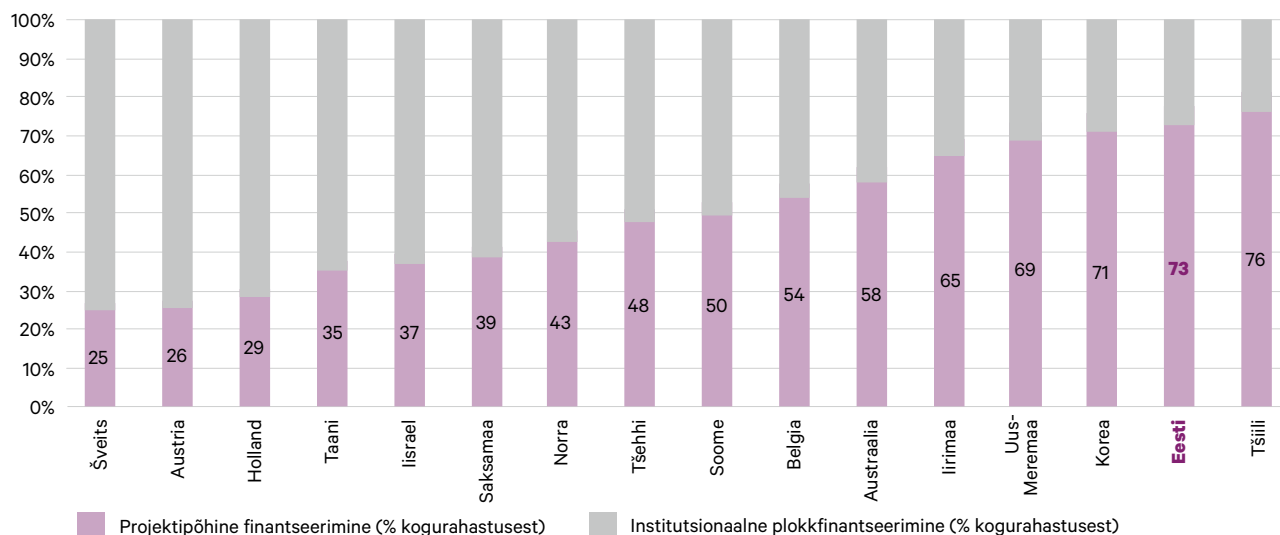
Eesti teadlased on rahvusvahelises konkurentsivõimelises osutunud väga edukateks. Kui võrrelda Horisont 2020 konkurssidel riiki toodud raha suhet SKP-sse, osutub Eesti tervelt kolm korda EL-i keskmisest edukamaks. Kui elimineerida keskmisest madalama SKP mõju ja arvestada H2020 rahastuse mahtu suhtarvuna riigi elanike kohta, on Eesti ikka heal positsioonil, ületades EL-i keskmist poolteist korda (joonis 1.11).

Meie edu tegureid raamprogrammides on mitu, eeskätt teadlaste tugev teaduslik tase ning suur usaldusvärsus välispartnerite silmis, valmisolek kirjutada konkurentsivõimelisi projekte, soov välispartneritega koostööd teha ning hästi töötav raamprogrammidealane tugiteenus. Rahvusvahelised koostöösidemed on omakorda üheks teadustöö kvaliteedi paranemise teguriks (vt J. Alliku artikkel käesolevas kogumikus). Siin on tegemist võimenduva nähtusega: koostöö edeneb siis, kui meie teadlastel on hea tase, ja taseme tõus suurendab järgnevat koostöövõimalusi.

Kuigi välismaalt saadava teadusraha kasvatamine on üks Eesti teaduspoliitilisi eesmärke, ei ole selle väga suur kasv ilmselt võimalik, meie teadlaskonna haaratus rahvusvahelisesse koostöösse on juba praegugi väga suur. Edu suurendamine on võimalik sel moel, kui Eesti teadlased hakkavad kootöövõrgustikes võtma senisest enam juhtrolle.

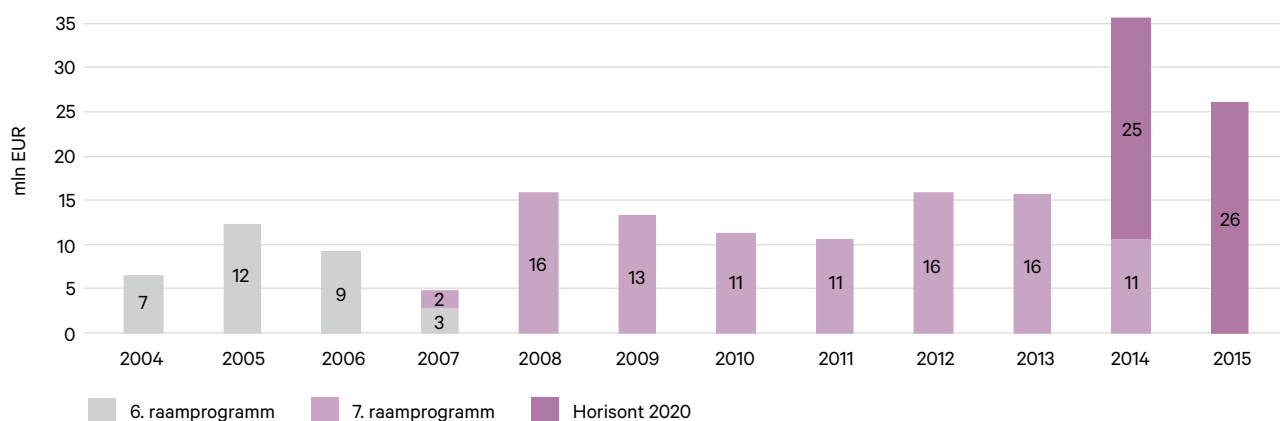
¹⁸ OECD (2014), *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014*, OECD Publishing. – http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2014-en (22.10.2016).

¹⁹ *The effectiveness of national research funding systems. (2014). Dialogic and Empirica on behalf of the European Commission.* – <http://ri-policy-analysis.eu/studies/the-effectiveness-of-national-research-funding-systems/> (22.10.2016).



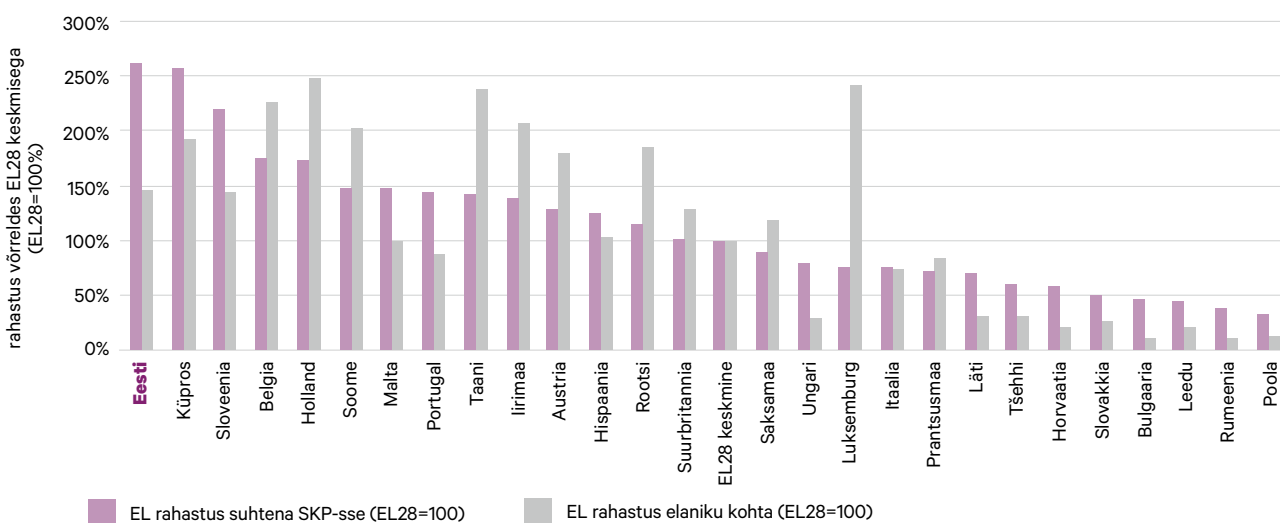
Joonis 1.9. Projektipõhise rahastuse osakaal kogurahastusest (%) 2011. aastal (või muu viimane kättesaadav aasta), Eesti kohta 2016. aastal.

Allikas: OECD²⁰ ja Eesti Teadusagentuur (Eesti, 2016).



Joonis 1.10. Euroopa Liidu raamprogrammidest Eestisse suunatud raha aastatel 2004–2015.

Allikas: Eesti Teadusagentuur.



Joonis 1.11. Riikide edukus raamprogrammis Horisont 2020 võrreldes EL28 keskmisega (EL28 = 100). Joonisel on riiki suunatud rahastus suhtena SKP-sse ja elaniku kohta (väljavõtte kuupäev 30.09.2016).

Allikas: Haridus- ja teadusministeerium (eCorda andmebaas).

²⁰ OECD (2014), *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014*, OECD Publishing. – http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2014-en (22.10.2016).

Doktorikraad ja teadustöötajad tööturul: Eesti Euroopa riikide võrdluspeeglis

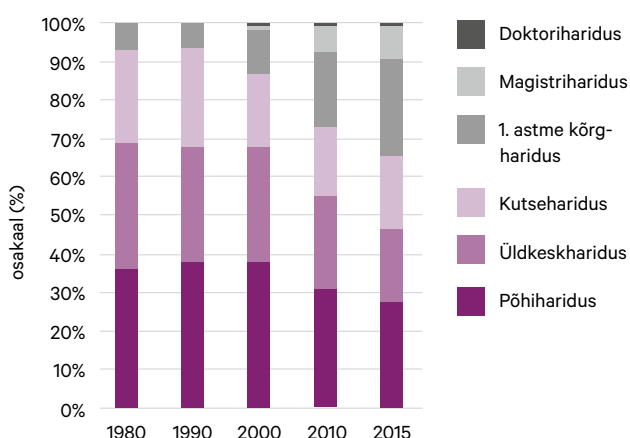
Tiit Tammaru

Tartu Ülikool, professor

Sissejuhatus

Üks mõjukaim riike pingeritta seadev indikaator, inimarengu indeks, tugineb kolmele komponendile, millest üks on haridus. Elanikkonna kõrges haridustasemes nähakse nii üksikinimeste kui ka riikide edu peamist võtit. Kehtivad üldised seaduspärad. Mida kõrgem on inimese haridus, seda suurem on tema sissetulek. Mida enam haritud on riigi elanikkond, seda suurem on ühiskonna kui terviku jõukus. Teisisõnu on ühiskondade võime aidata inimestel liikuda järjest kõrgematele haridustasemetele üks olulisemaid arengu alustegureid.

Veel viiskümmend aastat tagasi oli kõrgharidus nii Eestis kui ka mujal maailmas väheste privileeg. 1980. aastal omandas enamik Eesti noori põhi-, kesk- või kutsehariduse (joonis 2.1). Paljud tööd, mis eeldavad madalamat kui kõrgharidust, on tehnoloogia arenedes tänaseks kadunud ning järgmise 50 aasta prognoosid ennustavad selle suundumuse süvenemist.



Joonis 2.1. Hariduse omandanud haridustaseme järgi aastatel 1980–2015.

Allikas: Statistikaamet.²¹

Viimased 20 aastat on toonud kaasa kõrghariduse ehk kolmanda taseme hariduse plahvatusliku leviku ning nooremates põlvkondades on kõrgharidus muutunud normiks: näiteks OECD riikides on 25–34-aastaste inimeste seas vähemalt esimese astme kõrghariduse omandanute osakaal 30–50%. Eestis on vastav näitaja 40%, mis on väga sarnane naaberriikide Soome ja Lätiga.

Koos kõrghariduse muutumisega levinud käitumisharjumised on järgmine oluline küsimus see, millised nihked toimuvad

kolmanda taseme hariduses: kui paljud jäävad pidama näiteks bakalaureusekraadi juures ning kui suureks kujuneb magistri- ja doktorikraadiga inimeste osakaal. Tähtis on nii see, kui paljud inimesed jõuavad haridusredeli kõrgeima astmeni ehk doktorikraadini, kui ka see, kas avalik sektor ja ettevõtted suudavad järjest suuremale arvule doktorikraadiga inimestele haridusele vastavat tööd pakkuda.

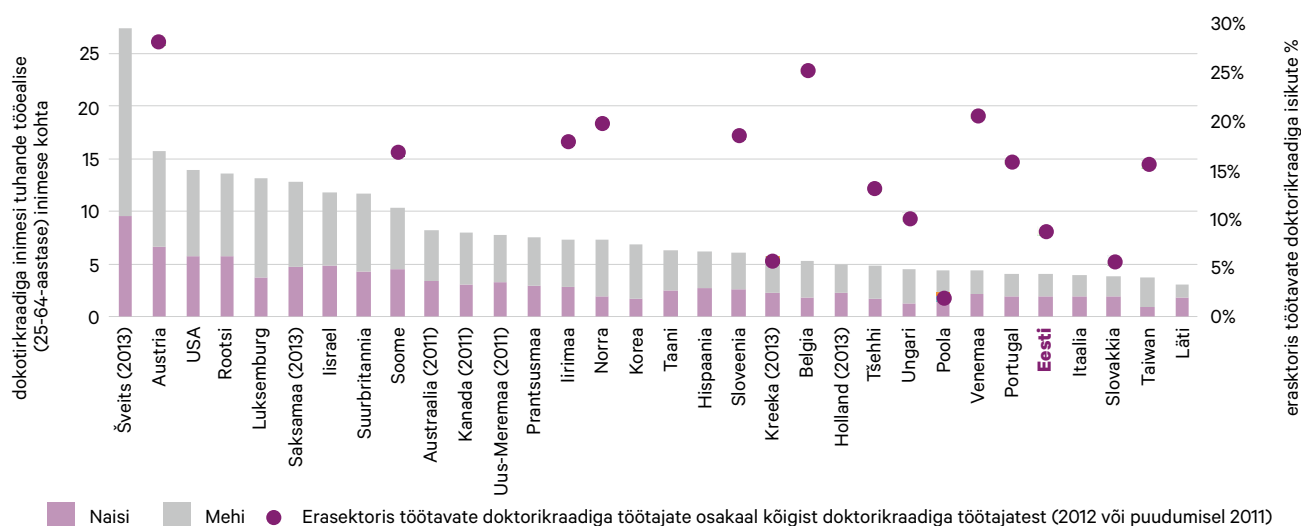
Käesolev artikkel keskendub haridusredeli kõrgeimal astmel toimunud muutustele: doktorikraadiga inimeste arvu muutusele, nende hõivele avalikus ja erasektoris ning Eesti võrdlusele teiste OECD ja Euroopa Liidu liikmesriikidega. Tulemustest ilmneb, et Eesti on nii doktorikraadini jõudnute kui ka teadustöötajate tööturul osalemise määras Euroopa mahajäänud riikide rühmas koos mitme teise Ida- ja Lõuna-Euroopa riigiga. Eesti ühiskond ja majandus ei ole suutnud seega tekitada samasugust inimeste ronimist kõrgeimale võimalikule haridusredeli astmele kui Lääne- ja Põhja-Euroopa haridusedukamates riikides.

Doktorikraadiga töötajaid on edukate Euroopa riikidega võrreldes palju vähem

Statistikaameti andmetel kaitses 1995. aastal Eestis doktori kraadi 29 inimest, 2015. aastal aga 208 inimest. Seega on doktorikraadiga inimeste suhteline kasv olnud muljetavaldav ning aastatel 1991–2015 omandas Eestis doktorikraadi ühtekokku 3272 inimest. Kuidas Eesti aga selles osas rahvusvahelises võrdluses välja paistab? Selgub, et mitte kuigi hästi. Kui noorte kõrghariduse omandamises on Eesti OECD riikide võrdluses keskmiste seas, siis doktorikraadiga inimeste puhul oleme jäänud viimaste sekka. OECD riikides on tuhande tööealise inimese kohta viis kuni kümme doktorikraadiga inimest. Eestis on vastav näitaja neli, mis on väga lähedane Portugalile ja Itaaliale. OECD riikide seas eristub teistest selgelt Šveits, kus tuhande tööealise inimese kohta on 28 doktorikraadiga inimest (joonis 2.2). Tegemist on ka maailma ühe jõukaima riigiga. Doktorikraadiga töötajate osakaalu ja riikide jõukuse seos ei ole muidugi ühene. Suur erand on näiteks Norra, mis on küll riikide jõukuse edetabeli ülemises otsas, kuid doktorikraadiga inimeste osakaalu tabeli keskosas. Norra jõukuse aluseks on aga loodusressursid.

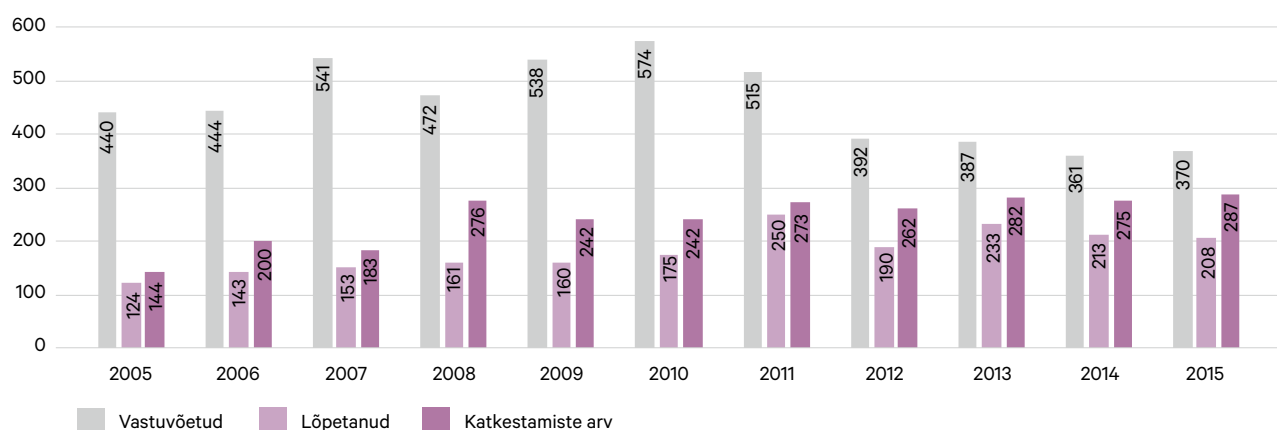
Kõikides OECD riikides töötab lõviosa doktorikraadiga inimestest avalikus sektoris. Erasektoris töötab taas kõige enam doktorikraadiga inimesi, iga neljas, Šveitsis. Kuigi paljude riikide kohta puuduvad võrreldavad andmed, võib siiski öelda, et Eesti sarnaneb selle näitaja poolest (8%) pigem Ida- ja Lõuna-Euroopa kui Põhja- ja Lääne-Euroopa riikidega. Näiteks Norras ja Soomes töötab viiendik doktorikraadiga inimestest erasektoris, Austrias ja Belgias aga ligikaudu neljandik. Viimase kümnendi jooksul pole erasektor doktorikraadiga

²¹ Statistikaamet. www.stat.ee (10.10.2016).



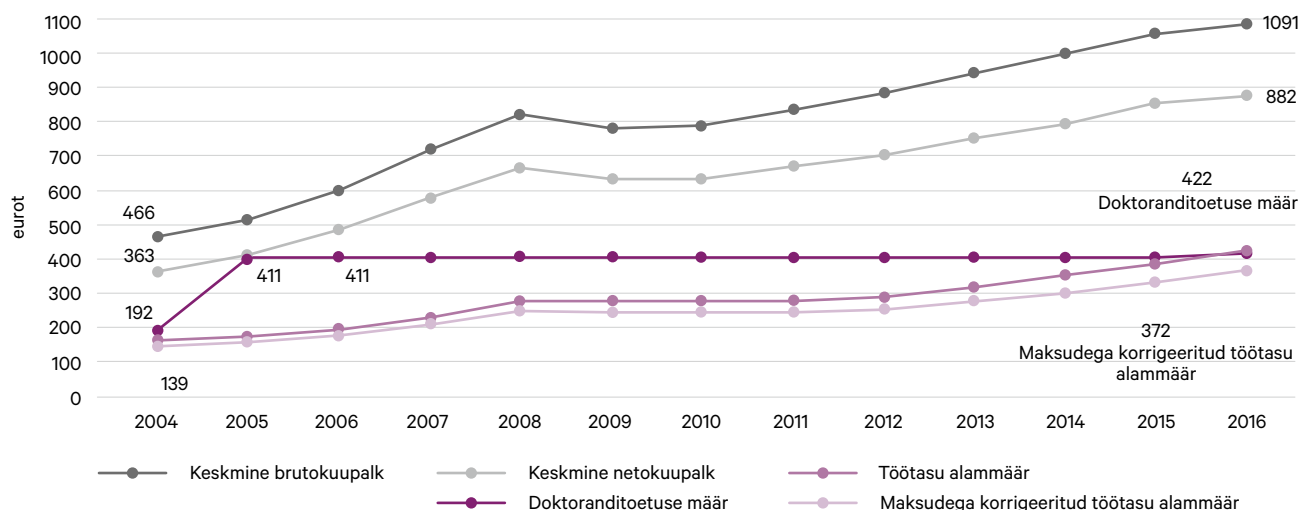
Joonis 2.2. Doktorikraadiga inimeste osakaal tööealisest (25–64-aastased) elanikkonnast ja erasektoris töötavate doktorikraadiga töötajate osakaal kõigist doktorikraadiga töötajatest 2012. aastal.

Allikad: OECD.^{22,23}



Joonis 2.3. Doktorirõppesse vastuvõetute, lõpetanute ja katkestanute arv aastatel 2005–2015.

Allikas: Statistikaamet.²⁴



Joonis 2.4. Eesti keskmise palga dünaamika võrreldes doktoranditoetusega perioodil 2004–2016.

Allikas: Statistikaamet (2016. aasta palgainfo põhineb I kvartalil).²⁵

²² OECD (2015), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015: Innovation for growth and society*, OECD Publishing, Paris. – http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2015-en (14.10.2016).

²³ *Main Science and Technology Indicators Database*. (2016). OECD. – www.oecd.org/sti/msti.htm (14.10.2016).

²⁴ Statistikaamet. www.stat.ee (20.10.2016).

²⁵ Statistikaamet. www.stat.ee (20.10.2016).

inimeste palkamisel märkimisväärselt kasvu näidanud. Eestis on vähenenud seega nii doktorikraadiga inimeste hõive erasektoris kui ka erasektoris hõivatud doktorikraadiga inimeste osakaal. See omakorda tähendab, et nii nagu paljudes teistes Ida- ja Lõuna-Euroopa riikides, on ka Eestis probleemiks nii doktorikraadiga inimeste väike osakaal tööjõust kui ka nende väga väike hõive erasektoris.

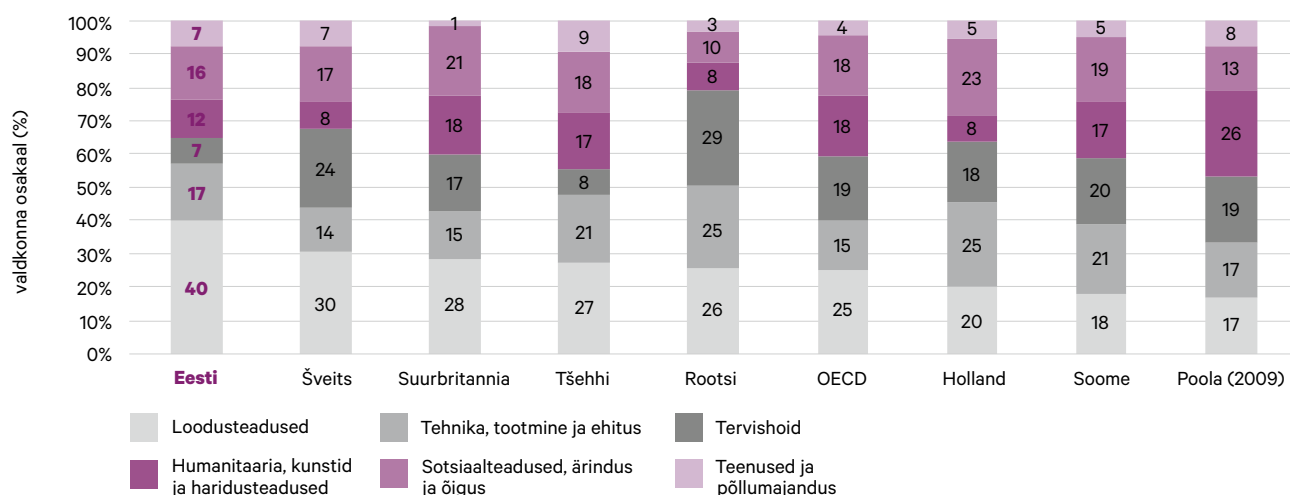
Eestis doktorikraadi omandanud inimeste väike arv, võrreldes muu Euroopaga, on seotud kahe teguriga. Esiteks on pärast 2009. aasta majanduskriisi märkimisväärselt vähenenud vastuvõtt doktoriõppesse: 2005. aastal alustas doktoriõpinguid Eestis 440 inimest, 2010. aastal 574 inimest ning 2015. aastal 370 inimest (joonis 2.3). 2012. aastal lõpetati riigieelarvevälis-tele õppekohtadele vastuvõtt, mille tulemusel kahanes doktorantuuri astunute hulk ligikaudu neljandiku võrra. Sellest ajast alates ei ole doktoriõppesse astunute arv sisuliselt muutunud. Lõpetanute arv on olnud siiski kasvutrendis (joonis 2.3), ent see peegeldab pigem rekordilistel vastuvõtuaastatel sisseastunud, kes on nüüd kraadi kaitsnud.

Probleemi teine külg on õpingute madal efektiivsus: ligikaudu pooled doktorandid jätavad õpingud pooleli. Üks suure väljalangevuse põhjus on väike doktoranditoetus. Doktoranditoetuse konkurentsivõime oli kõige suurem aastal 2005, vahetult peale selle tõstmist 159-lt eurolt 384 euroni, mis oli tollal võrdne Eesti keskmise netopalgaga (joonis 2.4). Seejärel hakkas doktoranditoetuse määra ja keskmise netopalka vahe suurenema, sest doktoranditoetus on jäänud järgneva kümne aasta jooksul samaks, netopalk on aga samal ajal jõudsalt kasvanud 882 euroni kuus. 2016. aastal tõsteti doktoranditoetuse

määr 422 euroni, mis moodustab seega nüüdseks vaid 48% keskmisest netopalgast. Positiivse momendina tuleb tõdeda, et alates 2015. aasta septembrist maksab riik doktoranditoetuselt sotsiaalmaksu, mille tulemusel kasvas doktorantide sotsiaalne kindlustatus, ning välisdoktorantidele tagati ka tervisekindlustus.

Eesti Statistikaameti andmetel toimus aastatel 2000–2015 kõige rohkem doktorikraadi kaitsmisi bioteaduste valdkonnas, üle kolmandiku. Jämedalt viiendik kaitsmisi on olnud sotsiaal-, humanitaar- ja tehnikateadustes ning kümnendik terviseteadustes. Oluline struktuurne muutus toimus aastatel 2000–2005, kui märkimisväärselt vähenes kaitsmiste arv bioteadustes ja suurenes tehnikateadustes. Sellest ajast alates ei ole suuri muutusi teadusvaldkondade vahel enam ilmnenu. Võrreldes OECD riikide keskmisega on Eestis aga endiselt palju suurem loodusteadustes doktorikraadi omandanud inimeste osakaal (joonis 2.5).

Nii OECD keskmise kui ka mitme Lääne- ja Põhja-Euroopa riigiga võrreldes on Eestis väiksem terviseteaduste valdkonnas, samuti humanitaar- ja sotsiaalteadustes doktorikraadi omandanute osakaal. Nende arvude põhjal võib seega öelda, et Eestis on loodusteadused olnud teistest edukamad – ja kindlasti tuleb seda edu hoida –, küll on aga mõtlemise koht see, miks osad teadusharud on doktoriõpingute puhul OECD keskmisest maha jäänud. Samas on OECD keskmise aluseks päris suured erinevused riikide vahel ning erinevusi võib olla ka doktoritööde klassifitseerimisel eri valdkondadesse. Näiteks Eestis liigitatakse osa meditsiiniteaduste doktoritöid loodusteaduste alla.



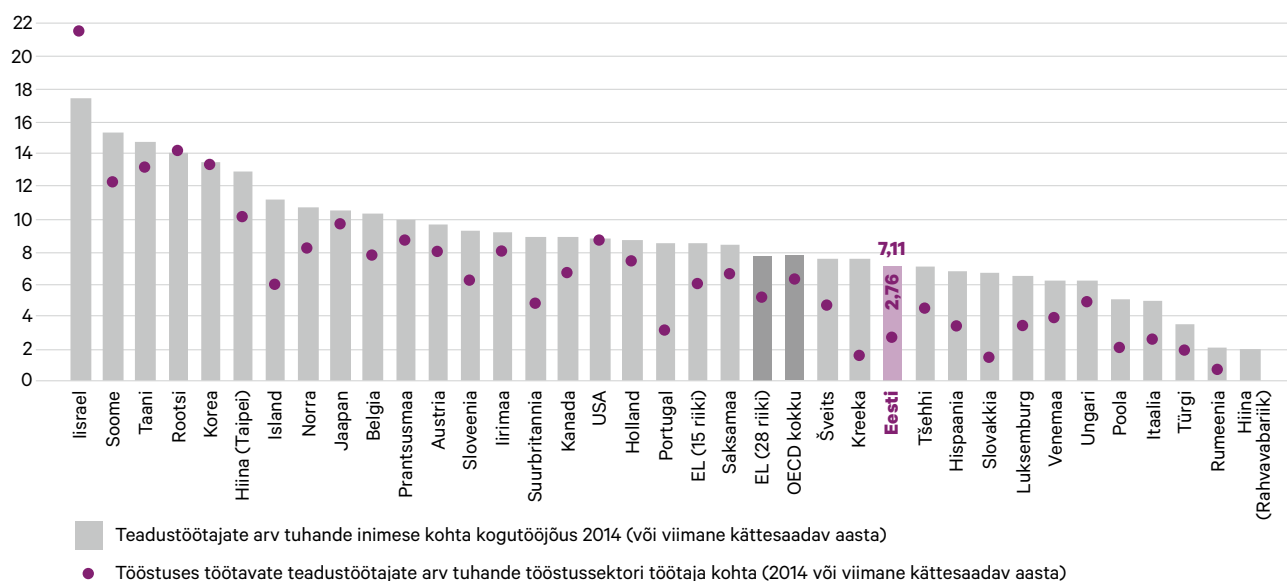
Joonis 2.5. Doktorikraadi omandanute jaotus teadusvaldkondade kaupa valitud OECD riikides 2012. aastal.

Allikas: OECD.²⁶

²⁶ OECD (2015), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015: Innovation for growth and society*, OECD Publishing, Paris. – http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2015-en (10.10.2016).

Teadustöötajad ei jõua ettevõtlusesse

Mis puudutab doktorikraadiga inimesi, siis on Eesti Euroopas mahajäänud riikide seas ja seetõttu on ka teadustöötajate²⁷ roll tööturul palju väiksem kui Euroopa edukaimates riikides. Eestis on 2014. aasta seisuga 4323 teadustöötajat (teadlased ja insenerid) ehk 7,1 teadustöötajat tuhande tööealise inimese kohta, mis jääb alla arenenud tööstusriikide (OECD) kui ka EL28 keskmisele (7,8) (joonis 2.6). Eesti erinevus Põhjamaadest, kellega soovime ennast sageli võrrelda, on seejuures eriti märkimisväärne: Soomes, Taanis ja Rootsis on vastavalt 15,3, 14,7 ja 14,1 teadustöötajat tuhande töötaja kohta. Olukord ei ole parem tööstussektoris. Tööstuses hõivatud teadustöötajate arvu poolest tuhande tööstussektori töötaja kohta (2,8 inimest) jääb Eesti vaadeldud riikide seas tagant seitsmendaks ning erinevus EL28 ja OECD keskmisest (vastavalt 5,1 ja 6,3) on veelgi suurem. Põhjamaadega on vahe koguni nelja-viie-kordne. See annab kinnitust, et liikumisel teadusmahukama majanduse poole on Eestil veel palju arenguruumi: Eesti teadustöötajad on ühest küljest koondunud avalikku sektorisse ja teisest küljest on tööstuses teadustöötajaid võrreldes riikidega, kellega Eesti sarnaneda sooviks, märkimisväärselt vähem.



Joonis 2.6. Teadustöötajate arv tuhande inimese kohta kogutööjõus ja tööstussektoris 2014. aastal (või viimasel kättesaadaval aastal).

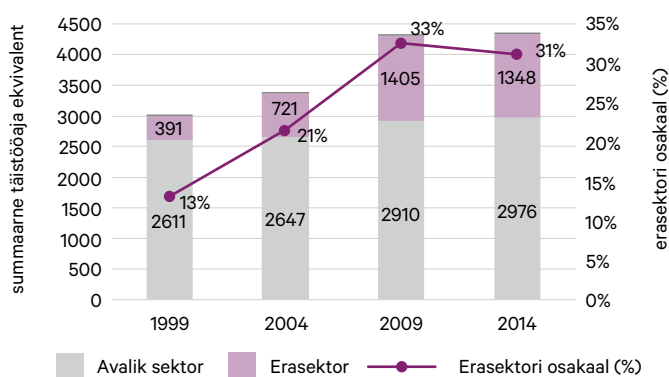
Allikas: OECD.²⁸

²⁷ Antud juhul vaadatakse **teadustöötajaid** (ingl „researchers”) OECD tähenduses, mis põhineb Frascati käsiraamatul (§301, Frascati Manual, OECD 2002, lk 93), kus teadustöötajate all peetakse silmas spetsialiste, kelle tööks on kontseptsiooni või uute teadmiste, toodete, protsesside, meetodite või süsteemide loomine kui ka haldamine. Samas **TA töötajate** mõiste (ingl „R&D personnel”) kaasab kõiki otseselt TA-ga tegelevaid töötajaid, sh teenindavat personali ja tehnikuid (va kaudselt abistavat personali nagu turvateadlased, toitlustusega seotud töötajad jne) (§ 294 - 295, Frascati Manual, OECD 2002). –<http://www.oecdlibrary.org/docserver/download/9202081e.pdf?expires=1465638710&id=id&accname=guest&checksum=9053E93009780FCA847314D96C8BBEE4> (10.10.2016).

²⁸ *Main Science and Technology Indicators Database*. (2016). OECD. – www.oecd.org/sti/msti.htm (14.10.2016).

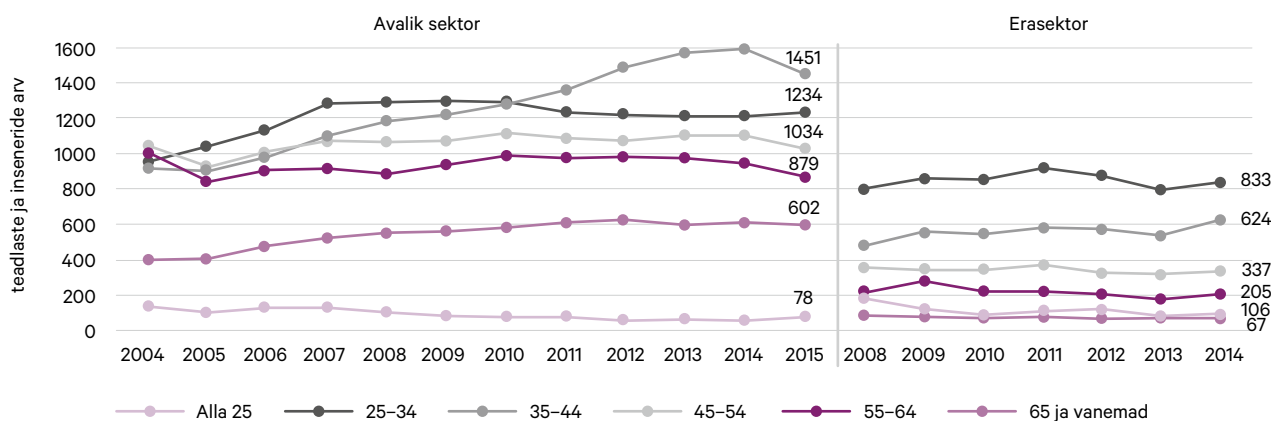
Viimasele 15 aastale tagasi vaadates on väikesed muutused teadlaste hõives era- ja avaliku sektori proportsioonides siiski Eestis toimunud. Mõningane hüpe erasektoris hõivatud teadlaste puhul toimus pärast Eesti ühinemist Euroopa Liiduga 2004. aastal, kuid alates 2009. aastal alguse saanud maailmamajanduse kriisist on erasektoris toimunud selge vähikäik (joonis 2.7). Veelgi enam, ka avalikus sektoris on teadlaste hõive stabiliseerunud ehk viimase viie aasta jooksul ei ole teadustöötajate arv ja osakaal Eesti tööturul muutunud: 2009. aastal oli teadlasi ja insenere 4314 ning 2014. aastal 4323. Samal ajal suurenes Eurostati andmetel teadustöötajate arvu kasv kogu Euroopas (EL28) 2009.–2014. aastal 1,56 miljonilt 1,76 miljonini. Eesti teadlaskond vananeb: 65-aastaste ja vanemate teadlaste arv on viimase kümne aasta jooksul selgelt kasvanud (joonis 2.8). See põlvkond on aga juhendajatena head tööd teinud. Selle tulemusena teadlaskond siiski ka nooreneb ning kõige suuremaks on viimase kümne aasta jooksul kasvanud 35–44-aastaste teadlaste arv. Ka nemad on siiski valdavalt leidnud töö avalikus sektoris.

Akadeemilise personali palku on võimalik analüüsida kuue avalik-õigusliku ülikooli andmete põhjal, kus töötab ühtekokku 3252 teadustöötajat ehk kolm neljandikku kõikidest Eesti teadustöötajatest. Teadustöötajate keskmine palk on 1551 eurot, mis on umbes 1,5 korda enam Eesti keskmisest (horisontaalne pidevjoon joonisel 2.9). Palgaskaala madalamatel astmetel (õpetajad, assistendid, lektorid ja nooremteadurid, kokku 1253 töötajat) on sissetulek Eesti keskmisega sarnane, keskmiselt kõige kõrgemat palka saavad 35 juhtivate teadurit.



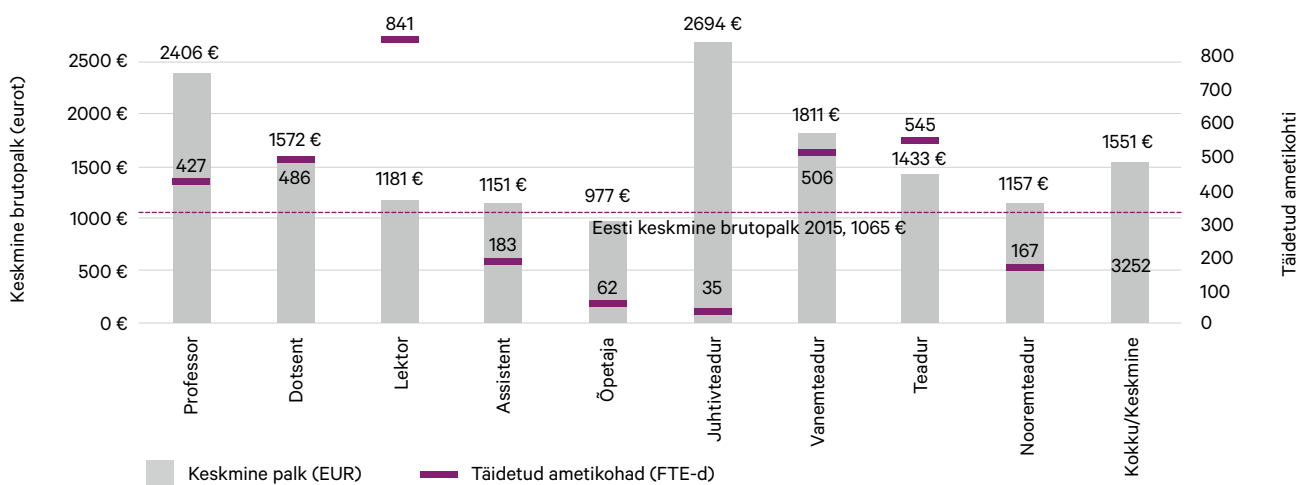
Joonis 2.7. Teadustöötajate (teadlaste ja inseneride) jagunemine avalikus sektoris ja erasektoris (summaarne täistööaja ekvivalent) perioodil 1999–2014.

Allikas: Statistikaamet.²⁹



Joonis 2.8. Teadustöötajate (teadlaste ja inseneride) vanuselise struktuuri muutused avalikus ja erasektoris aastatel 2004–2014.

Allikas: Statistikaamet.³⁰



Joonis 2.9. Keskmine põhipalk (bruto) täiskoormuse puhul akadeemilise personali ametikohtade arvestuses ja täidetud ametikohtade arv (täistööaja ekvivalendid) kuues avalik-õiguslikus ülikoolis 2015. aastal.

Allikas: Rektorite Nõukogu.³¹

²⁹ Statistikaamet. www.stat.ee (20.10.2016).

³⁰ Statistikaamet. www.stat.ee (20.10.2016).

³¹ Rektorite Nõukogu. www.ern.ee (22.10.2016).

Kokkuvõte ja arutelu

Aastatel 1991–2015 omandas doktorikraadi ühtekokku 3272 inimest. Kui kõrghariduse ehk kolmanda taseme hariduse omandamises on Eesti OECD riikide võrdluses keskmiste seas, siis doktorikraadiga inimeste puhul oleme jäänud viimaste sekka. OECD riikides on tuhande tööealise inimese kohta viis kuni kümme doktorikraadiga inimest, Eestis on vastav näitaja neli. Kõikides OECD riikides töötab lõviosa doktorikraadiga inimestest avalikus sektoris, edukamates on aga hakanud kasvama ka doktorikraadiga inimeste osakaal ettevõtluses. Eesti probleemideks on seega sarnaselt paljude teiste Ida- ja Lõuna-Euroopa riikidega nii doktorikraadiga inimeste väike osakaal tööjõust kui ka väga väike hõive erasektoris. Teisisõnu kipub Euroopas doktorikraadiga inimeste osakaalu puhul laiemalt eristuma ühelt poolt edukam põhja- ja lääneosa ning vähem edukam ida- ja lõunaosa. Eesti jääb oma näitajatelt selgelt teise rühma.

Eestis doktorikraadi omandanud inimeste väike arv muu Euroopaga võrreldes on seotud kahe teguriga. Esiteks on pärast 2009. aasta majanduskriisi märgatavalt vähenenud vastuvõtt doktoriõppesse. Arvestades väiksemat vastuvõttu jääb doktorikraadi kaitsnute arv tulevikus ebapiisavaks, et rahuldada kõrghariduse ja teaduse vajadusi ning vähendada Eesti mahajäämust haridusedukamatest Lääne- ja Põhja-Euroopa riikidest. Veelgi enam, ka järgmise kuue aasta jooksul (tegelik doktoriõppe keskmine pikkus) ei ole Eestil võimalik Lääne- ja Põhja-Euroopa riikidega doktorikraadiga inimeste lõhet vähendada ehk langeb ka Eesti majanduse konkurentsivõime võrreldes Lääne- ja Põhja-Euroopaga.

Probleemi teine külg on õpingute madal efektiivsus: ligikaudu pooled doktorandid jätavad õpingud pooleli. Õpingute katkestamise põhjused on väga kompleksed, kuid kuidagi ei saa mööda vaadata asjaolust, et viimase kümne aasta jooksul ei ole doktoranditoetus sisuliselt kasvanud. Teine oluline põhjus on selge karjäärimudeli puudumine teaduses. Ülikoolid peavad muutuma senisest atraktiivsemaks nii doktorantidele kui ka teadlastele. Selle probleemiga tegeletakse praegu käimas oleva teadusreformi raames, mille üks osa on individuaalse karjäärimudel koostamine ja seostamine konkreetsete rahastusinstrumentidega. Kuid ka selle reformi üks eeldus on teadusrahastuse suurenemine.

Kuna Eesti on doktorikraadiga inimeste osas Euroopas mahajäänud riikide rühmas, on ka teadustöötajate roll tööturul palju väiksem kui Euroopa edukaimates riikides. Ühelt poolt

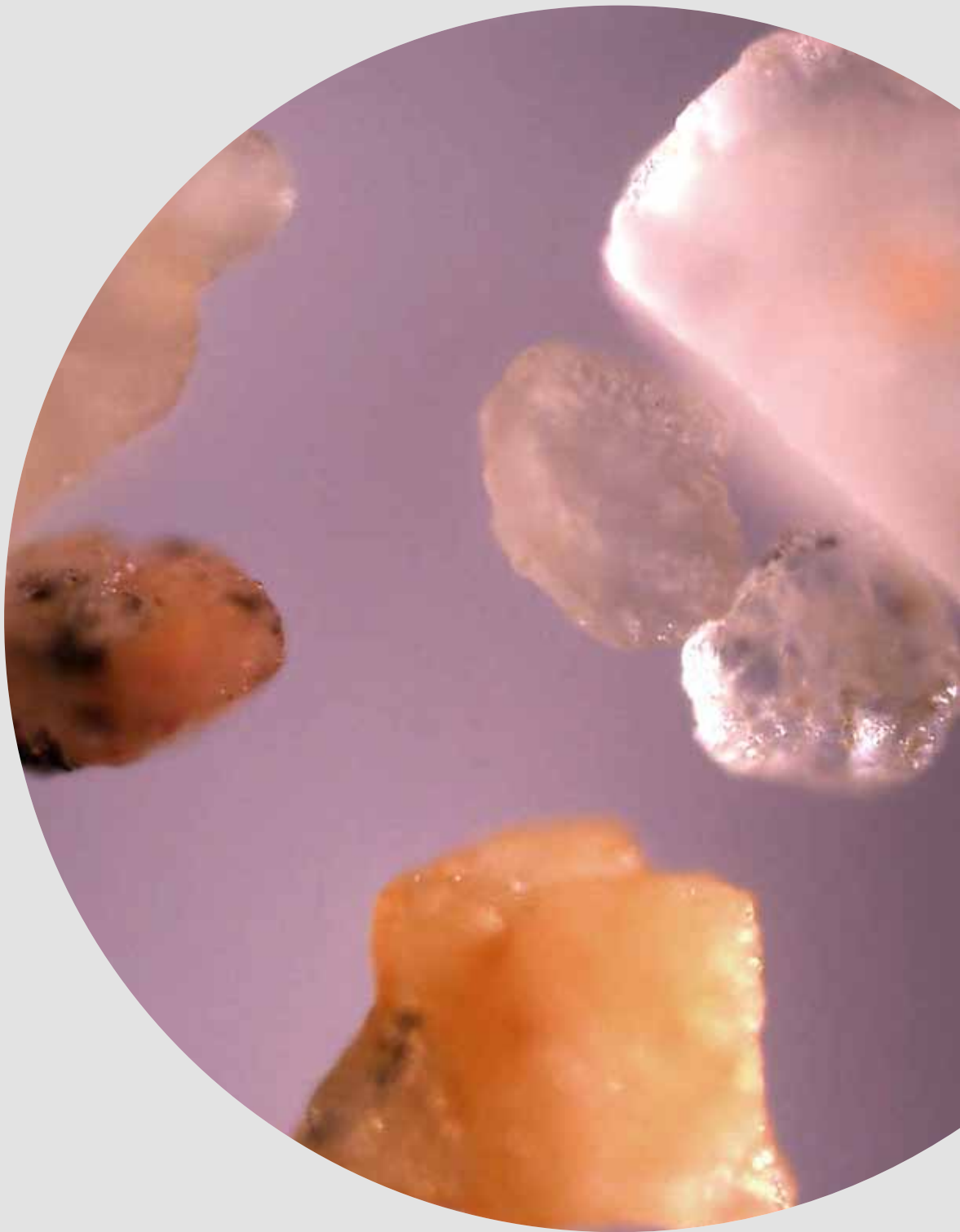
ei ole Eesti ettevõtluses tervikuna suurenenud nõudlus teadustöötajate järele. Veelgi enam, viimase viie aasta jooksul on toimunud tagasimineku ja teadlaste arv ettevõtetes on isegi vähenenud. Teiselt poolt on näiteks tehnikateaduste valdkonnas doktorikraadi kaitsnud inimesed leidnud töö kas avalikus või erasektoris. Nii vajab täpsemat analüüsi see, kas teadustöötajate väike arv erasektoris tervikuna on tingitud rohkem ettevõtete soovimatusest doktorikraadiga töötajaid palgata (nõudlus) või vähesest doktorikraadini jõudnud inimeste arvust (pakkumine).

Siit kasvavad välja Eesti arengu sõlmprobleemid, võrreldes Euroopa haridusedukamate riikidega. Esiteks jõuab haridusredeli kõrgeimale võimalikule astmele (doktorikraad) liiga vähe inimesi ja vastuvõtt doktoriõppesse on langustrendis. Teiseks kitsaskohaks on doktoriõpingute katkestamise kõrge protsent. Kolmandaks on ettevõtluses võrreldes edukate Euroopa riikidega vähem doktorikraadiga inimesi. Just neid kolme sõlmprobleemi tuleks poliitiliste lahenduste otsimisel silmas pidada, et olla arenevas ühiskonnas konkurentsivõimelisem.

Eesti suund ei tohiks seejuures olla nõudmiste langetamine, selleks et doktorikraadiga inimeste arvu kiirelt suurendada. Doktoriõpe on ja jääb eelkõige teadusõppeks, mille üheks põhiväljundiks on teadusartiklid (humanitaarteadustes ka monograafiad). Õpingute käigus küpsemiseks ja iseseisvalt teadusprobleemide lahendamiseks on vähemalt kolmes teadusartiklis osalemine või iseseisva monograafia kirjutamine väga vajalik. Kindlasti tuleb ka mõelda, kuidas eksperimentaalsemate teadusharude doktoriõpe paremini majanduse vajadusega siduda. Mõned sammu selles suunas on juba tehtud: tööstusdoktorantuur, nutika spetsialiseerimise stipendium ja teised sarnased meetmed juba aitavad selle eesmärgi saavutamisele kaasa. Samuti peaks kunstide valdkonnas jääma üldise teaduspõhisuse nõude kõrval ruumi spetsiifilisteks loovust arendavateks lahendusteks, mis aitab kasu tuua loomemajanduse edendamisel. Selleks on oluline luua senisest paremad tingimused ja selgemad reeglid loomepõhiseks uurimistööks (*artistic research*) doktoriastmes kitsamalt ja teadussüsteemis laiemalt.

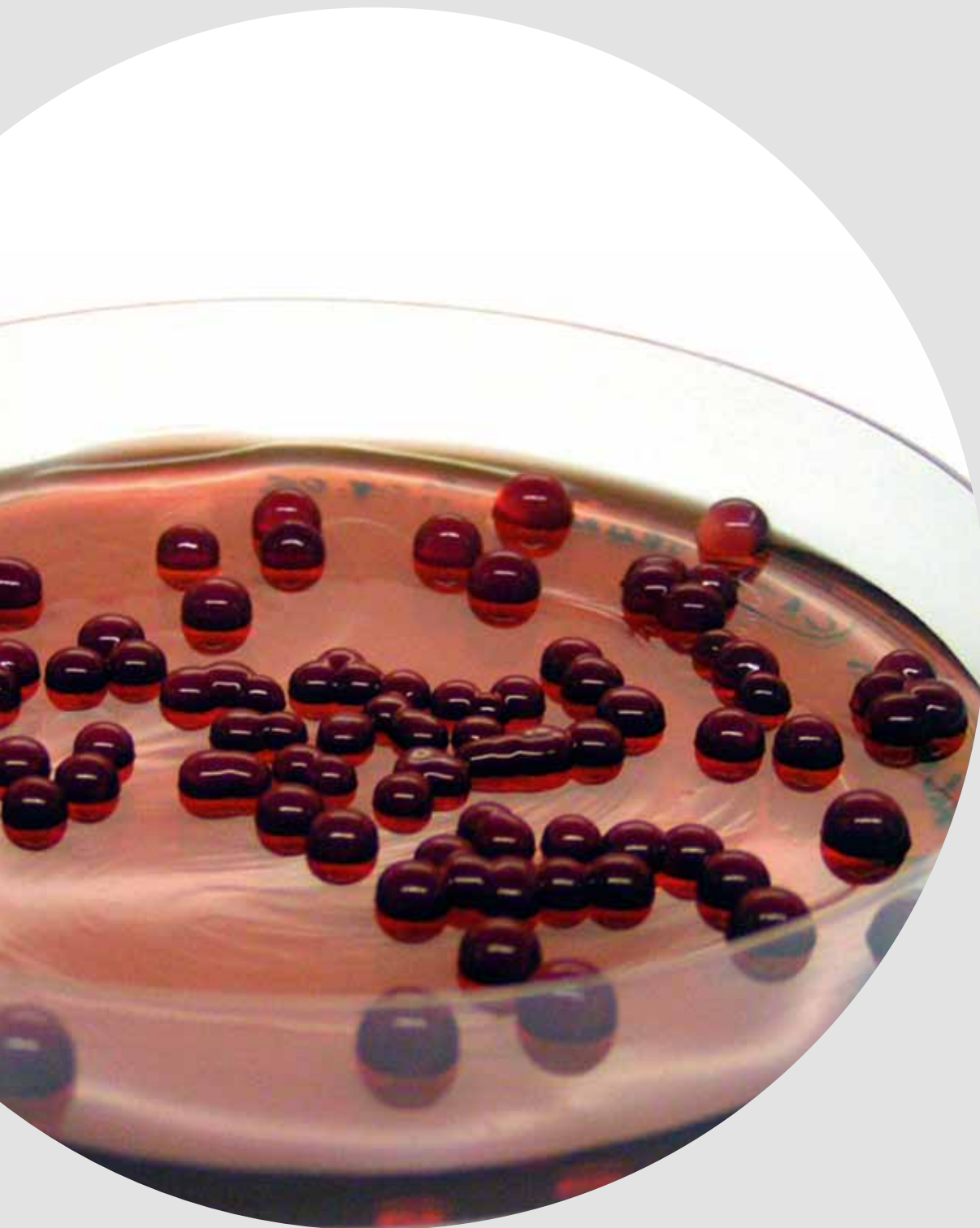
Tänuõnad

Suur tänu ETAg-i hindamisnõukogu liikmetele Jaak Vilole, Irja Lutsarile, Jarek Kurnitskile, Marek Tammele ja Richard Villemisile väga asjakohaste ja sisukate kommentaaride eest. Kogu vastutus artikli eest, sh võimalikud vead, jäävad artikli autorile.



Struktuur (Vainupea liiv).

Autor: Triinu Visnapuu (Tartu ülikooli molekulaar- ja rakubioloogia instituut), 2013.



Bakterid söötmel (levaansukraasi ekspresseeriv transgeenne
Eschericia coli sahharoos – MacConkey tardsöötmel).

Autor:Triinu Visnapuu, Kersti Tammus (Tartu ülikooli molekulaar- ja rakubioloogia instituut), 2007.

Teaduspublikatsioonid: Eesti tõus maailma tippu

Jüri Allik

Tartu Ülikool, professor ja akadeemik

Sissejuhatus

Mõned teaduskauged inimesed arvavad, et publitseerimine ja seejärel viidete kogumine pole teaduses kõige olulisem. Teaduse määravaks omaduseks, mis eristab seda näiteks posimisest ja nõidumisest, on see, et tulemused tehakse avalikult kättesaadavaks kõigile neile, kes tahavad neid tulemusi korjata, kinnitada või kahtluse alla seada. Vastastikune kontrollitavus tähendab seda, et tulemused võivad osutuda ekslikuks, kuna mitte kellelgi ei ole tõe monopolit, mida ta teistega ei jaga. Uurimistulemuste avalikustamiseks töötab terve tootmisharu, mis igal aastal toodab umbes kolm miljonit uut teadusartiklit, mille avaldamiseks kuluv summa on suurem Eesti riigieelarvest.

Saamaks aru, millise kvaliteediga on Eesti teadus, tuleb uurida, kui palju on Eesti teadlaste publikatsioone ja millise kvaliteediga need on. Erinevalt paljudest teistest inimtegevuse vormidest on teadus väga hästi dokumenteeritud. 1955. aastal avaldas noor keemiku haridusega visionäär Eugene Garfield teaduse tippajakirjas *Science* artikli „Teaduse tsiteerimisindeks”, mille peamine mõte on kasutada teaduse hindamiseks teadusartiklite tsiteerimisvõrgustikku³². Sellest paberile pandud ideest kasvas hiljem välja maailma kõige mõjukam teaduse tsiteerimisindeks *Web of Science* (WoS), mis tänaseks sisaldab juba enam kui miljard viidet teaduslikele publikatsioonidele. Konkureerivat teaduse andmebaasi Scopus peab kirjastus Elsevier. Peamiselt nende kahe andmebaasi abiga saame jälgida, milline on olnud Eesti teaduse arengulugu viimastel aastatel.

Arvult kvaliteedile

1991. aastal, kui Eesti sai taas iseseisvaks, avaldasid Eesti autorid ajakirjades, mida jälgis WoS-i eelkäija, ligikaudu 300 artiklit. See tähendab artiklit, mille vähemalt üks autoritest on oma aadressiks märkinud Eesti. Kuigi igal aastal indekseeritud publikatsioonide hulk on sellest ajast kõvasti kasvanud (näiteks 2015. aastal registreeris WoS-i tuumkolektsioon ehk Core Collection 2,5 miljonit uut publikatsiooni, millest üle poole miljoni kuulub USA autoritele), on Eesti teadusartiklite arv samuti märgatavalt kasvanud. Näiteks 2015. aastal oli WoS-is juba 2698 tööd, mille autorite aadressis mainitakse Eestit. See, et Eestis töötavad teadlased avaldavad ühe aastaga umbes sama palju töid kui varemalt üheksa aastaga, näitab Eesti teaduse suurt edasiminekut. Kuid publikatsioonide arvult on meil suuremate riikidega raske võistelda. Näiteks Soome teadlased

avaldasid 2015. aastal üle 18 000 töö ehk meist palju rohkem, isegi kui suhtelist rahvaarvu suhet silmas pidada.

Artikli kvaliteedi üheks näitajaks on viited. Kui mõnele tööle näiteks järgmise kümne aasta jooksul mitte kordagi ei viidata, siis on kahtlus, et tulemused ei pakkunud huvi või nendes polnud midagi uut, mis oleks pälvinud teiste uurijate tähelepanu. Kuigi palju viiteid ühele tööle ei tähenda tingimata, et tegemist on originaalse ja huvitava tööga, on viidete suur arv üks kõige usaldusväärsemaid teaduse kvaliteedi mõõdikuid. Andmebaas Scopus kasutab mingi riigi teaduse kvaliteedi näitajana seda, milline protsent selle riigi aadressiga publikatsioonidest jõuab viidatavuse ülemise 10% hulka. Võib avaldada artikleid, mida vähe tsiteeritakse. Oluline on kirjutada võimalikult palju mõjukaid artikleid ehk selliseid, millele palju viidatakse, kusjuures kriteeriumiks on jõudmine ülemise 10% enim viidatud tööde hulka. Näiteks joonisel 3.1 on toodud valik riike, reastatud selle protsendi alusel. Tipus on Šveits, Holland ja Taani, kus ligikaudu 1/5 kõigist publikatsioonidest jõuavad viidatavuse ülemise 10% hulka. Eesti protsent oli 13,5%, mis oli natuke parem kui Itaalia, Prantsusmaal või Portugalil. Maailma keskmist taset esindab Sloveenia, kus ligilähedaselt 10%-le kõigist ilmunud publikatsioonidest hakatakse viitama ülemise 10% sagedusega.

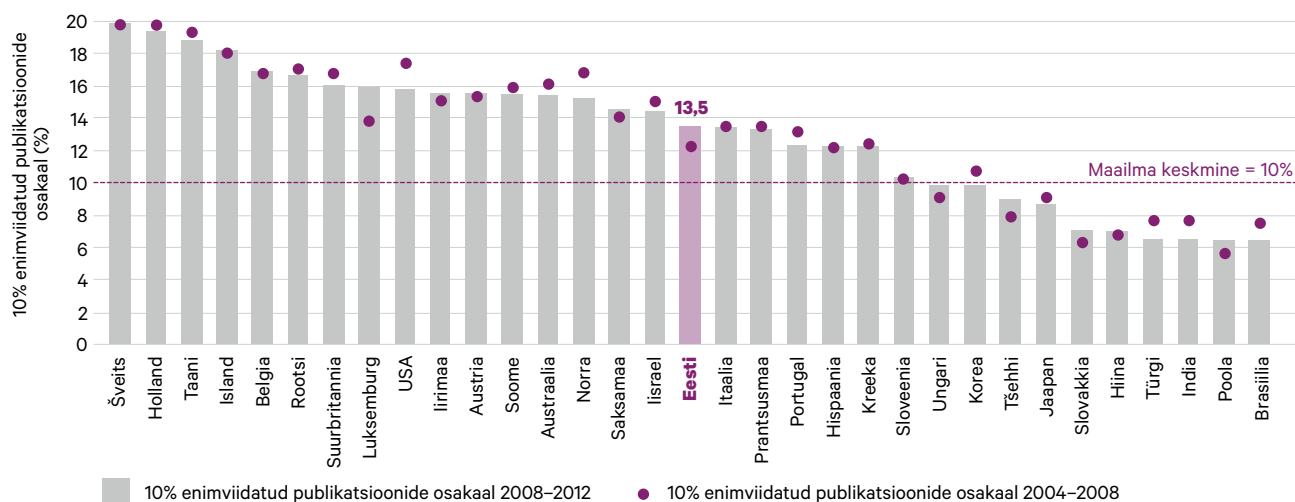
Teaduse mõõtmisega tegelevad asjatundjad on üldiselt arvamusel, et ei tuleks piirduda ainult ühe indikaatoriga. Kuigi näiteks viidete arv ühe artikli kohta on kõige sagedasem teaduse kvaliteedi näitaja, võib see mõnel juhul varjata tendentsi keskpärasele teadusele. Näiteks on vaateleht näinud selles, et Rootsi teadlased avaldavad suhteliselt vähe tippviitamisega artikleid, tendentsi avaldada häid, kuid mitte eriti originaalseid mõtteid³³. Selle vältimiseks pakkus nende ridade kirjutaja välja lihtsa teaduse kvaliteedi indeksi (*High Quality Science Index* ehk HQSI), mis võrdse kaaluga arvestab artiklite keskmist viidatavust ja protsenti kõigist avaldatud artiklitest, mis jõuavad viidatavuse 1% tippu³⁴. Selleks, et arvudega oleks lihtsam ringi käia, on teaduse kvaliteedi indeks esitatud normeeritud ühikutena (standardiseeritud normaaljaotuse ühikutena, mille keskmine on null ja standardhälve võrdne ühega).

Joonisel 3.2 on riigid reastatud teaduse kvaliteedi indeksi alusel, mis näitab kombinatsiooni artikli keskmisest viidatavusest ja viidatavuse 1% tippu jõudnud artiklite osakaalust. Selle näitaja järgi tehakse kõige paremat teadust Islandil, Šveitsis ja Šotimaal. Eesti on piisavalt suurte teadusriikide (suudavad 11 aastaga avaldada vähemalt 4000 artiklit) seas väga kõrgel 13. kohal. Meie selja taha jäävad näiteks Norra, Kanada, Soome

³² Garfield, E. (1955). *Citation Indexes for Science: A New Dimension in Documentation through Association of Ideas*. *Science*, 122(3159), 108–111. – <http://dx.doi.org/10.1126/science.122.3159.108> (20.10.2016).

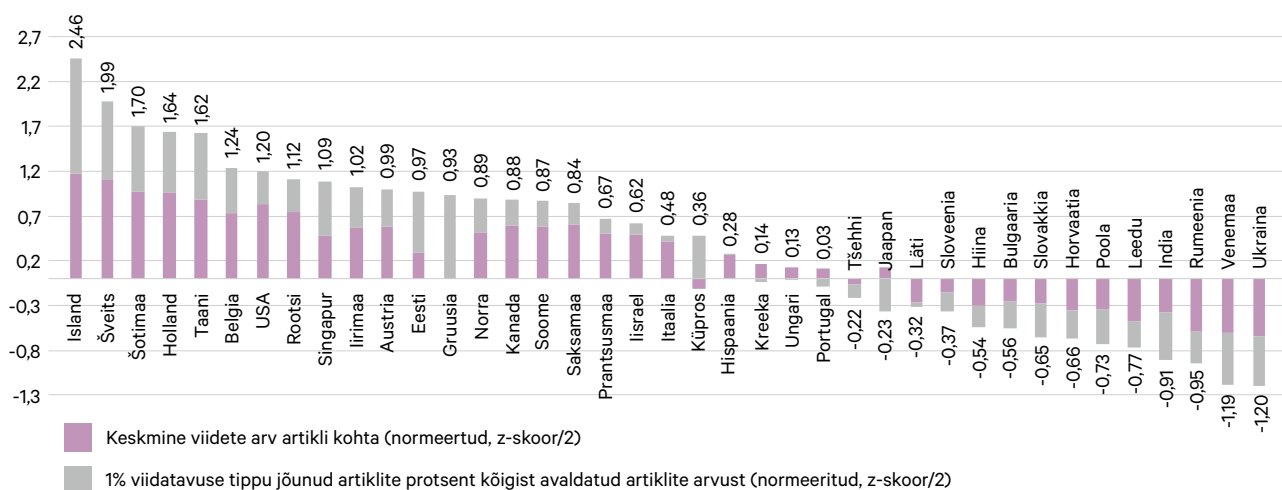
³³ Karlsson, S., Persson, O. (2012). *The Swedish production of highly cited papers*. Stockholm: Vetenskapsrådet.

³⁴ Allik, J. (2013). *Factors affecting bibliometric indicators of scientific quality*. *Trames: Journal of the Humanities and Social Sciences*, 17(3), 199–214. – <http://dx.doi.org/10.3176/tr.2013.3.01> (10.10.2016).



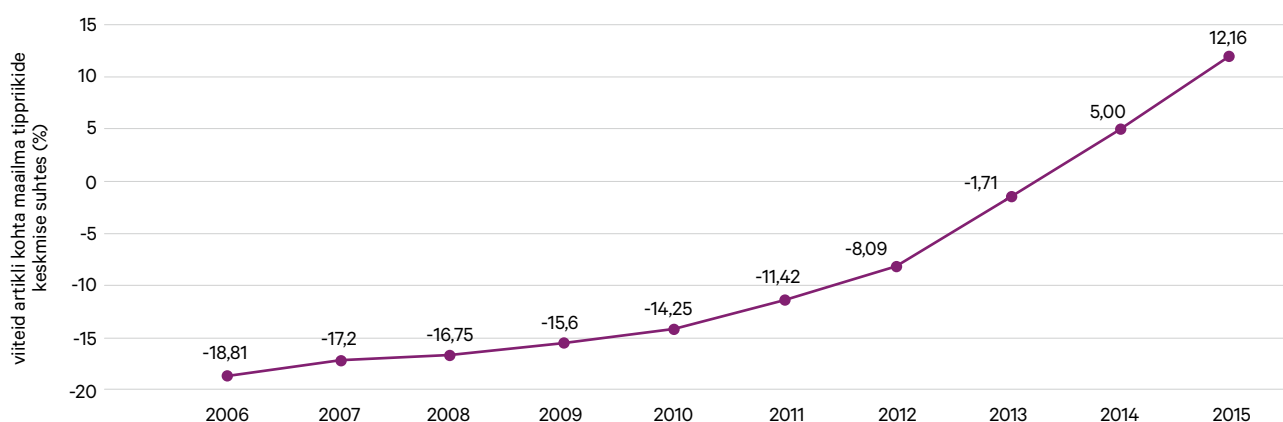
Joonis 3.1. 10% enimviidatud publikatsioonide osakaal aastatel 2004–2008 ja 2008–2012.

Allikas: OECD.³⁵



Joonis 3.2. Teaduse kvaliteedi indeks, mis näitab kombinatsiooni artikli keskmisest viidatavusest ja 1% viidatavuse tippu jõunud artiklite osakaalust.

Allikas: Web of Science, Essential Science Indicators, Jüri Alliku arvutused.



Joonis 3.3. Eesti viimase 11 aasta avaldatud artiklite keskmine viidatavus vahemikus aastatel 2006–2015.

Allikas: Web of Science, Essential Science Indicators, Jüri Alliku arvutused.

³⁵ OECD and SCImago Research Group (CSIC) (2016), *Compendium of Bibliometric Science Indicators* OECD, Paris. Accessed from: <http://oe.cd/scientometrics> (22.10.2016).

ja Saksamaa. Joonisel on toodud ka nimekirja lõpp, mille moodustavad Rumeenia, Venemaa ja Ukraina. Seega on eri riikidel väga erinev suutlikkus teha hea kvaliteediga teadust. Teised autorid märkavad peaaegu igat artiklit, mis kirjutatakse Islandil, Šveitsis või Šotimaal, ja nad hakkavad sellele viitama nii palju, et on suur tõenäosus, et artikkel jõuab kõige viidatamate tööde nimistusse. Seevastu paljudes teistes riikides ei tule teaduse tegemine nii hästi välja. Isegi kui artikleid on palju, ei viidata neile piisavalt ja neil on palju väiksem võimalus muutuda viitamise klassikuks.

Kuna teaduse andmebaasid WoS ja Scopus on väga mahukad, siis pole lühikeste, kuid sisukate kokkuvõtete tegemine mitte alati lihtne ülesanne. Selle probleemi lahendamiseks on WoS-i ehitatud spetsiaalne otsingumootor, mis kannab nime Essential Science Indicators (ESI) ehk olulise teaduse indikaatorid. ESI uueneb iga kahe kuu tagant ning katab kõiki publikatsioone, mis on ilmunud viimase 10 aasta ja mingi arvu kuude jooksul. Eri kategooriatele on seatud erinevad olulisuse läved, et olla ESI-s arvestatud. Näiteks mingis teadusvaldkonnas reastatakse kõik maad nende autorite töödele tehtud kogu viidete arvu põhjal ja olulise teaduse kategooriasse jõuab selle nimekirja esimene pool ehk 50%. ESI-s on kogu teadus jagatud 22 valdkonna vahel. Kahjuks humanitaaria sellesse valdkondade nimekirja ei kuulu, kuna ESI loojad leidsid, et humanitaaria avaldamise ja tsiteerimise harjumused erinevad kõigist teistest valdkondadest. Sellest hoolimata võimaldab ESI anda usaldusväärse kokkuvõtte olulisest teadusest, mida eri riikides tehakse. Kui jälgida ESI-t pikema aja jooksul^{36,37}, siis võib näha teaduse kvaliteedis toimunud muutusi.

Joonisel 3.3 on näha, kuidas on muutunud Eesti autorite artiklite keskmine viidatavus viimase kümne aasta jooksul alates 2006. aastast. Aastaarv tähistab viimase jooksu 11-aastase perioodi lõppu. Jooniselt on näha, et nendele Eesti autorite publikatsioonidele, mis 2006. aastal ületasid olulise teaduse lävendi mingis teadusvaldkonnas, viidati keskmiselt 18% vähem kui paremiku hulka kuuluvate riikide seas keskmiselt. 2014. aastal jõudis Eesti teadustööde mõjukus esimest korda juhtivate teadusriikide keskmisele järele ja oli sellest isegi 5% võrra suurem. 2015. aastal viidati Eesti autorite artiklitele juba üle 12% rohkem kui juhtriikide rühmas keskmiselt. Tegemist on ühe kõige kiirema ja suurema teadusartiklite mõjukuse kasvuga maailmas viimase kümne aasta jooksul.

Millised Eesti teaduse valdkonnad on selle märkimisväärse mõjukuse kasvu taga? Tabelis 3.1 on valdkondade kaupa toodud mõjukuse muutused viimase kümne aasta jooksul. Valdkonnad on reastatud mõjukuse järgi 2015. aastal. Näiteks kliinilise meditsiini valdkonnas ilmunud Eesti autorite

töödele viidati kokkuvõttes 51% rohkem kui selle valdkonna artiklile keskmiselt. Peale kliinilise meditsiini on plussis veel kuus valdkonda: keskkonnateadus ja ökoloogia, taime- ja loomateadus, molekulaarbioloogia ja geneetika, füüsika, farmakoloogia ja toksikoloogia ning psühhiaatria ja psühholoogia. See tähendab, et nendes valdkondades viidati Eesti autorite aastatel 2005–2015 ilmunud töödele sagedamini kui valdkonnas keskmiselt. Veel viis valdkonda – bioloogia ja biokeemia, neuro- ja käitumisteadused, mikrobioloogia, arvutiteadus ning põllumajandusteadus – on maailma juhtriikidega võrdsel tasemel. Huvitav on Eesti materjaliteaduse käekäik, mis veel 2006. aastal oli Eesti kõige edukam teadusvaldkond. Materjaliteaduse kukkumine ei tähenda, et seal on tööde kvaliteet halvenenud. Näiteks on võimalik, et huvide keskus nihkus ja oma töödega koliti füüsika alla, mis on tõusuteel.

Tabeli 3.1 viimane tulp näitab viimase kümne aasta jooksul toimunud muutust. Kõige kiiremini on kasvanud kliinilise meditsiini mõjukus, kuid ka psühhiaatria ja psühholoogia ja arvutiteaduse kasv on muljet avaldav. Mõned valdkonnad, näiteks inseneriteadus ja sotsiaalteadused, on olnud suhteliselt stabiilsed. Tabeli viimast rida – multidistsiplinaarne teadus – ei ole põhjust väga tõsiselt võtta, kuna see on omamoodi „prügikast“, kuhu liigitatakse teaduse universaalajakirjades Nature, Science jt ilmunud artiklid, mida algoritmil ei õnnestu mingi valdkonna alla paigutada.

See, et tabelis 3.1 on alates 2008. aastast (jätame viimase rea tähele panemata) kõik ruudud täidetud, pole kaugeltki endastmõistetav nähtus. Jõuda 50% parimate riikide hulka kõigis 22 valdkonnas on saavutus, mis on jõukohane ainult väga tugevatele teadusriikidele. Ilmselt on Eesti teaduse üks väljapaistev omadus see, et me oleme konkurentsivõimelised sisuliselt kõigis teadusvaldkondades. See on hea sõnum meie ülikoolide jaoks. Tänapäeval ei ole ülikooliharidus, mis ei tugine maailma tasemel uurimistööle, jätkusuutlik.

Kuna ESI on ülekohtune humanitaarteaduste suhtes, siis nende käekäigu jälgimiseks tuleb endal WoS-i analüüsida. Humanitaariat võib defineerida järgmise valdkondade loeteluga: ajalugu, kirjandus, muusika, filosoofia, religioon, teater, keeleteadus, kunst, arheoloogia, klassika, tants, film-raadio-televiisioon, teaduslugu, kultuuriuuringud ja mõned väiksemad teemad veel. Võrdluseks valisime lisaks Eestile välja ka Soome ja Leedu nende kategooriate all ilmunud tööd ajavahemikus 2005–2015. Joonisel 3.4 on joontega näidatud, milline on humanitaaria osakaal Eestis, Leedus ja Soomes nende maade kõigi WoS-i publikatsioonide seas.

Vahemikus 2005–2010 humanitaaria osakaal kõikide publikatsioonide hulgas kasvab, mis võib olla tingitud eelkõige sellest, et WoS hakkas indekseerima suuremat arvu humanitaaria ajakirju. Humanitaaria osakaal kõigi publikatsioonide seas on kõige suurem Eestis (6,3%), siis Leedus (4,6%) ja kõige väiksem Soomes (2,8%). Seega panustavad Eesti humanitaarid WoS-i publikatsioonidesse isegi suhteliselt enam kui Leedu ja Soome humanitaarteadlased oma maades. Eesti, Leedu ja Soome

³⁶ Allik, J. (2003). *The quality of science in Estonia, Latvia, and Lithuania after the first decade of independence*. *Trames: Journal of the Humanities and Social Sciences*, 7 ((57/52)), pp. 40–52.

³⁷ Allik, J. (2013). *Factors affecting bibliometric indicators of scientific quality*. *Trames: Journal of the Humanities and Social Sciences*, 17(3), pp. 199–214. <http://dx.doi.org/10.3176/tr.2013.3.01> (10.10.2016).

humanitaaride tööde viidatavus aastatega väheneb. See on igati ootuspärane, kuna 2005. aastal ilmunud töödele on olnud aega viidata kümme aastat, samal ajal kui 2015. aastal värskest ilmunud töödele mitte üle ühe aasta. Võrdluses on näha, et Soome humanitaaride töödele viidati keskmiselt 1,6 korda. Eesti humanitaaride töödele 0,9 korda ja Leedu humanitaaride töödele 0,5 korda. Seega kirjutavad Soome humanitaarid

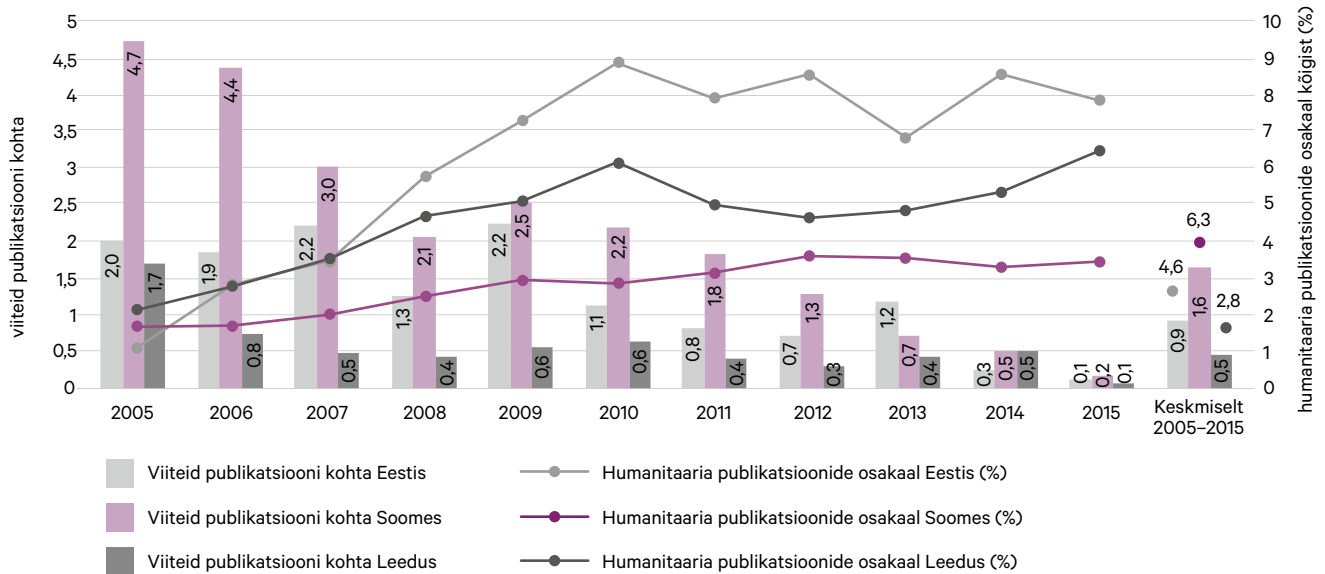
natuke mõjukamaid töid kui Eesti humanitaarid, kes omakorda on mõjukamad Leedu autoritest. Jooniselt on näha ka seda, et vahe Eesti ja Soome tööde mõjukuses väheneb.

Kokkuvõttes on Eesti humanitaarid teinud viimase kümne aastaga väga head tööd, panustades märkimisväärselt Eesti teaduse eduloosse.

Tabel 3.1. Eesti teadusvaldkondade mõjukus võrrelduna juhtrühma kuuluvate riikide keskmisega ajavahemikus 2006–2015.

Valdkond	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Muutus 2006-2015
Kliiniline meditsiin	-27,3	-19,7	-13,7	-9,4	-3,5	3,0	14,3	18,8	35,5	51,1	78,4
Molekulaarbioloogia ja geneetika	-22,4	-9,9	-2,5	1,0	7,6	9,1	6,7	18,1	23,9	40,0	62,4
Füüsika	-27,0	-28,8	-33,2	-32,5	-28,2	-21,7	-15,9	0,5	16,8	29,3	56,2
Psühhiaatria ja psühholoogia	-44,2	-38,7	-36,3	-31,2	-30,2	-23,5	-14,8	-7,0	2,6	5,4	49,7
Taime- ja loomateadus	-0,5	0,0	3,1	7,7	14,2	23,7	25,5	32,4	39,4	45,8	46,3
Arvutiteadus	-49,6	-54,4	-51,4	-35,4	-35,2	-31,6	-31,8	-20,9	-14,8	-3,8	45,8
Keskond ja ökoloogia	7,0	10,5	6,4	11,5	9,8	14,7	19,8	34,1	40,5	47,0	40,0
Immunoloogia	-46,4	-46,8	-43,8	-38,9	-43,5	-37,2	-21,7	-25,1	-19,9	-14,8	31,6
Mikrobioloogia	-29,5	-26,2	-28,9	-26,0	-32,2	-28,1	-17,8	-12,6	-3,4	-3,3	26,3
Maateadused	-46,5	-41,0	-37,2	-32,9	-30,0	-22,6	-23,9	-21,6	-21,0	-20,7	25,9
Neuro- ja käitumisteadused	-27,8	-27,7	-34,4	-39,8	-39,3	-36,0	-31,3	-21,2	-12,4	-2,8	25,0
Biolgoogia ja biokeemia	-22,0	-22,0	-18,2	-19,9	-21,6	-18,6	-16,7	-19,9	-13,7	-2,1	19,9
Põllumajandusteadus	-26,9	-23,8	-22,1	-23,2	-14,2	-18,9	-12,7	-16,7	-15,7	-7,0	19,9
Farmakoloogia ja toksikoloogia	6,4	1,1	-10,0	-26,7	-26,1	-23,7	-14,0	-6,0	5,5	16,2	9,8
Matemaatika	-16,6	-29,0	-30,9	-30,8	-33,6	-39,8	-43,7	-26,2	-16,5	-12,3	4,3
Sotsiaalteadused	-33,4	-30,3	-37,5	-43,5	-46,7	-45,8	-53,0	-36,0	-35,0	-34,4	-0,9
Inseneriteadus	-17,2	-17,8	-16,8	-15,6	-12,4	-14,3	-25,4	-19,9	-18,0	-21,9	-4,7
Astronoomia	-19,1	-31,2	-44,2	-47,9	-47,6	-53,0	-49,6	-37,0	-32,4	-24,3	-5,2
Keemia	-2,1	-6,3	-5,5	-8,3	-8,8	-14,5	-14,0	-13,6	-13,1	-14,4	-12,2
Majandusteadus			-70,1	-74,1	-69,0	-62,2	-57,6	-50,7	-43,9	-42,0	-42,0
Materjaliteadus	60,3	43,5	40,6	23,3	9,5	-6,4	-18,9	-20,3	-26,0	-28,2	-88,6
Multidistsiplinaarne teadus	71,3	82,4	79,9		-54,5	-43,7	-73,7	-28,4	-36,9	-52,0	-123,3
Kõik kokku	-18,8	-17,2	-16,8	-15,6	-14,2	-11,4	-8,1	-1,7	5,0	12,2	31,0

Allikas: Web of Science, Essential Science Indicators, Jüri Alliku arvutused.



Joonis 3.4. Humanitaaria publikatsioonide osakaal kõigist Eesti, Leedu ja Soome publikatsioonidest andmebaasis WoS ning nende publikatsioonide keskmine viidatavus seisuga 08.06.2016.

Allikas: Web of Science, Essential Science Indicators, Jüri Alliku arvutused.

Kuidas seletada Eesti teaduse edulugu?

Joonis 3.3 on kõige ilmekam kinnitus Eesti teaduse erakordsele eduloole. Eesti teadus on viimase kümne aastaga teinud väga kiire tõusu ja jõudnud juhtühma riikide esirinda. Pole põhjust arvata, et see ongi sündmuste loomulik ja paratamatu käik, mis kaasneb riigi üldise majandusliku või poliitilise arenguga. Näiteks Venemaa, mille teadussüsteemi osaks Eesti veel veerand sajandit tagasi oli, on suure väljundiga teadusriikide pingereas mõjukuselt eelviimasel kohal. 1991. aastal oli Eesti, Läti ja Leedu panus maailma teaduskirjandusse üsna ühesugune. Igaüks avaldas ligikaudu 300 artiklit ajakirjades, mida indekseeris WoS-i eelkäija sellel ajal³⁸. Viimase 11 aasta (2005–2015) avaldasid Eestist pärit autorid väljaannetes, mida indekseerib WoS, 14 386 publikatsiooni (keskmiselt 1308 aastas). Võrdluseks ilmus Lätis samas vahemikus 5423 ja Leedul 19 642 tööd (vastavalt 493 ja 1786 aastas). Kuid märkimisväärselt erinev on ka tööde keskmine viidatavus. Leedu töödele viidati keskmiselt 6,9, Läti töödele 8,7 ja Eesti töödele 13,3 korda. Kuigi Leedu teadlased avaldasid üle 5000 töö rohkem kui Eestist pärit teadlased, siis Eesti töödele viidati 191 108 ja Leedu omadele 135 487 korda ehk vahe on üle 55 000 viitega Eesti kasuks. Seega on viimase paarikümne aasta jooksul teaduse mahu ja kvaliteedi areng Eestis, Lätis ja Leedus hoolimata üsna sarnasest lähtepositsioonist 1991. aastal olnud väga erinev.

Millega Eesti teaduse edulugu – mõjukuse kiiret kasvu viimasel paaril aastal – seletada, pole aga päris selge³⁹. Kui me vaatame uurimistoetusi, mille varal enamik artikleid kirjutatakse, siis pole need alates 2008. aastast muutunud (selle kogumiku joonis 1.7). Kuna doktorante võib pidada teaduse üheks mootoriks, siis võiks oletada, et nende töötingimused on paranenud. Joonis 2.4 selle kogumiku T. Tammaru artiklis näitab aga seda, et 2005. aastal tõsteti doktorandi stipendium võrdseks Eesti keskmise palgaga. Sellest ajast alates püsib stipendium täpselt samal tasemel, mis lubas miinimumpalgal stipendiumile järele jõuda. Kindlasti ei ole see ka meie teadlaste palgatõus, mis on innustanud paremaid artikleid kirjutama ja avaldama heades rahvusvahelistes ajakirjades, millele sageli viidatakse.

Üks edu põhjus võib olla see, et Eestis töötavad teadlased teevad senisest tihedamat koostööd teadlastega nendest maadest, kus tehakse maailma parimat teadust. Rahvusvahelises koostöös valminud publikatsioonide arv on Eestis alati suur olnud. Joonis 3.5 kujutab teaduste rahvusvahelistumise astet eri riikides 2008. ja 2012. aastal. Eesti kuulub samasse rühma selliste juhtivate teadusriikidega nagu Holland, Norra ja Soome. Kuid mingit olulist muutust 2008. ja 2012. aasta vahel ei ole. Kvaliteetse teaduse tegemiseks tuleb teha rahvusvahelist koostööd, kuid see ilmselt ei seleta Eesti teaduse kiiret tõusust viimaste aastate jooksul.

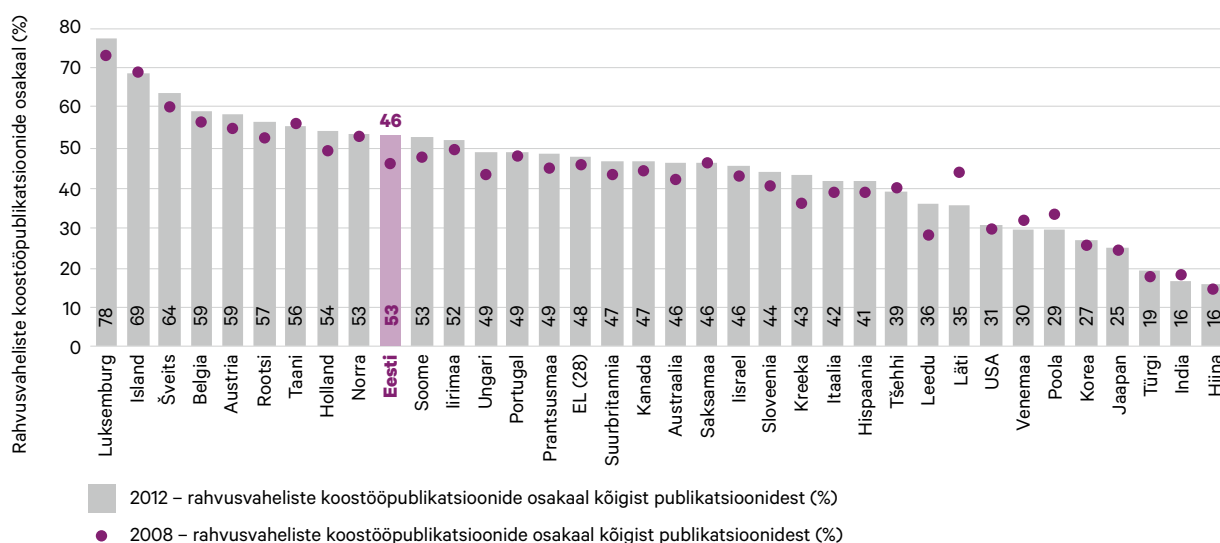
³⁸ Allik, J. (2003). *The quality of science in Estonia, Latvia, and Lithuania after the first decade of independence*. *Trames: Journal of the Humanities and Social Sciences*, 7 ((57/52)), pp. 40–52.

³⁹ Allik, J. (2015). *Progress in Estonian science*. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 64(2), pp. 125–126. Retrieved from://WOS:000356470500001

Kindlasti on üheks Eesti teaduse eduloo põhjuseks teaduse taristusse tehtud suured investeeringud, mis said võimalikuks eelkõige tänu Euroopa Liidu struktuurifondidele. Kuid tänapäevane teadusaparatuur üksinda ei tooda uusi originaalseid ideid, millele kolleegid kogu maailmast peavad vajalikuks viidata.

Ilmselt pole joonisel 3.3 kujutatud Eesti teaduse kiirel kasvul ühte lihtsat seletust. Kuid lisaks head teadustööd soodustavale keskkonnale on Eestis töötavad teadlased ise langetanud õiged valikuid ja teinud asju, mis on aidanud liikuda maailma tipu poole. Seda võib nimetada ka teaduse tegemise kultuuriks. Selle kultuuri iseloomulikuks jooneks näib olevat see, et puudub n-ö veel ühe artikli avaldamise mentaliteet.

Töid avaldatakse selle pärast, et neis on originaalseid ideid, mis pakuvad lahendusi olulistele probleemidele, mis tõmbavad endale kolleegide tähelepanu kogu maailmas. Selle kultuuri üheks osaks näib olevat ka mugavusteaduse vältimine. Kindlasti saaks oma teaduslikku karjääri edendada mugavuspublikatsioonidega, mida on hõlbus avaldada näiteks kohalikus koduajakirjas, kuid mille mõju maailma teadusele on üsna tagasihoidlik. Mugavusteadus on ka kindlasti tegeleda mõne lokaalse probleemiga, mitte mõne sellisega, mis teaduse eesliini edasi nihutab. Ühesõnaga – Eestile edu toonud teaduskultuur on iseloomulik maailma tippteadusele.



Joonis 3.5. Rahvusvaheliste koostööpublikatsioonide osakaal 2008. ja 2012. aastal.

Allikas: OECD.⁴⁰

⁴⁰ OECD (2014), *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014*, OECD Publishing. – http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2014-en (22.10.2016).

Teadus- ja arendustegevus ja tootlikkus rahvusvahelises võrdluses

Urmas Varblane

Tartu Ülikool, professor ja akadeemik

Kadri Ukrainski

Tartu Ülikool, professor

Sissejuhatus

Viimastel aastatel on Eesti majanduskasv olnud väga tagasihoidlik ja 2016. aastaks ennustatakse vaid 1,3% majanduskasvu. Üha rohkem on hakatud rääkima sellest, et Eesti majanduse areng aeglustub ja me ei suuda kuidagi läbi murda nn keskmise sissetuleku lõksust (*middle income trap*). Viimased viis aastat on Eesti keskmine tulutase tööpoolest kõikunud 74% ja 76% vahel Euroopa Liidu keskmisest ning mingit tulutaseme lähenemist pole enam toimunud (vt tabelit 4.1). See pole siiski Eestile ainuomane. Paljud riigid on tulutaseme kasvu aeglustumisega või lausa langemisega hädas ja seda peegeldab ka tabel 4.1. Näiteks Soome tulutase on langenud 120%-lt 2008. aastal 108%-le 2015. aastal.

Majanduskasvu allikate panus muutub. Mitme tootmisteguri, esmajoonel tööjõu juurdekasv on piiratud. Lähiaastatel hakkab ka Eesti tööealine elanikkond vähenema tempoga 5000–6000 inimest aastas. Niisugustes oludes on hädavajalik olemasoleva tööjõu ja kapitali senisest tootlikum kasutamine. Väärtusloome ja kasumi peamine allikas on nihkunud füüsiliselt tööjõult ja

käelistelt oskustelt intellektuaalsetele oskustele ja teadmusele (*knowledge*). „Kõige olulisem ressurss kaasaegses majanduses on teadmus ja sellest tulenevalt on ka kõige olulisem protsess õppimine“⁴². OECD määratluse järgi teadmusmajandus „baseerub otseselt teadmuse ja informatsiooni tootmisel, levitamisel ja kasutamisel“⁴³.

Keskmise sissetuleku lõksust pääsemine eeldab Eestis teadmusmahukuse kasvu kogu majanduses ja innovatsiooni läbivat rakendamist ühiskonnas. Sellist väidet toetab ka senine maailma kogemus. Vaid väga vähesed riigid on suutnud ennast viimastel aastakümnetel n-ö kõrgliigasse mängida. Nende hulgas on mitu Aasia riiki, näiteks Singapur, Taiwan, Lõuna-Korea, kus see tõus on toimunud suuresti tänu panustamisele TA tegevusse. Neis riikides on üles ehitatud hästi toimiv riigi innovatsioonisüsteem, mis on mõeldud uute teadmiste loomiseks, levitamiseks ja rakendamiseks. Üks indikaator, mis seda suundumust peegeldab, on TA investeeringute tase. TA üldlevinud definitsioon hõlmab baasteadust, mille eesmärk on uue teadmuse loomine ilma spetsiifilise rakendusliku eesmärgita; rakendusteadust, millel on praktiline eesmärk ning katse- ja arendustegevust, mille eesmärk on uute toodete või protsesside väljatöötamine.

Järgnevas artiklis antakse ülevaade Eesti TA kulutuste dünaamikast ja majanduse teadmusmahukuse tasemest rahvusvahelises võrdluses ning kirjeldatakse Eestis välja pakutud võimalusi kasutada teadmuse majanduse tulemuslikkuse suurendamisel. Võib väita, et Eesti majanduse teadmusmahukus

Tabel 4.1. SKP tase, võrreldes Euroopa Liidu (28) keskmisega aastatel 2004–2015, kus Euroopa Liit (28) = 100.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tšehhi	79	80	81	83	81	83	81	83	82	83	84	85
Taani	125	123	123	121	123	122	126	125	126	125	125	124
Saksamaa	117	117	117	117	118	116	121	124	124	124	126	125
EESTI	55	59	64	68	68	62	63	69	74	75	76	74
Iirimaa	144	145	146	146	132	129	130	132	131	131	134	145
Läti	47	51	55	60	60	52	52	56	60	62	64	64
Leedu	50	53	56	60	63	56	60	65	70	73	75	74
Poola	49	50	50	53	54	59	62	64	66	67	68	69
Slovakkia	56	59	62	67	71	71	73	73	74	76	77	77
Soome	117	115	114	117	120	116	115	116	115	113	110	108
Rootsi	129	123	125	127	126	122	125	126	127	124	123	123

Allikas: Eurostat.⁴¹

⁴¹ Eurostat. <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (14.10.2016).

⁴² Lundvall, B.-A. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.

⁴³ OECD. (1996). *The Knowledge Based Economy*. Paris: OECD Publishing. – <https://www.oecd.org/sti/sci-tech/1913021.pdf> (19.10.2016).

tervikuna on keskpärane, ja seda peegeldab ka majanduse tootlikkuse tase, mis jääb veel tublisti maha Euroopa Liidu keskmisest.

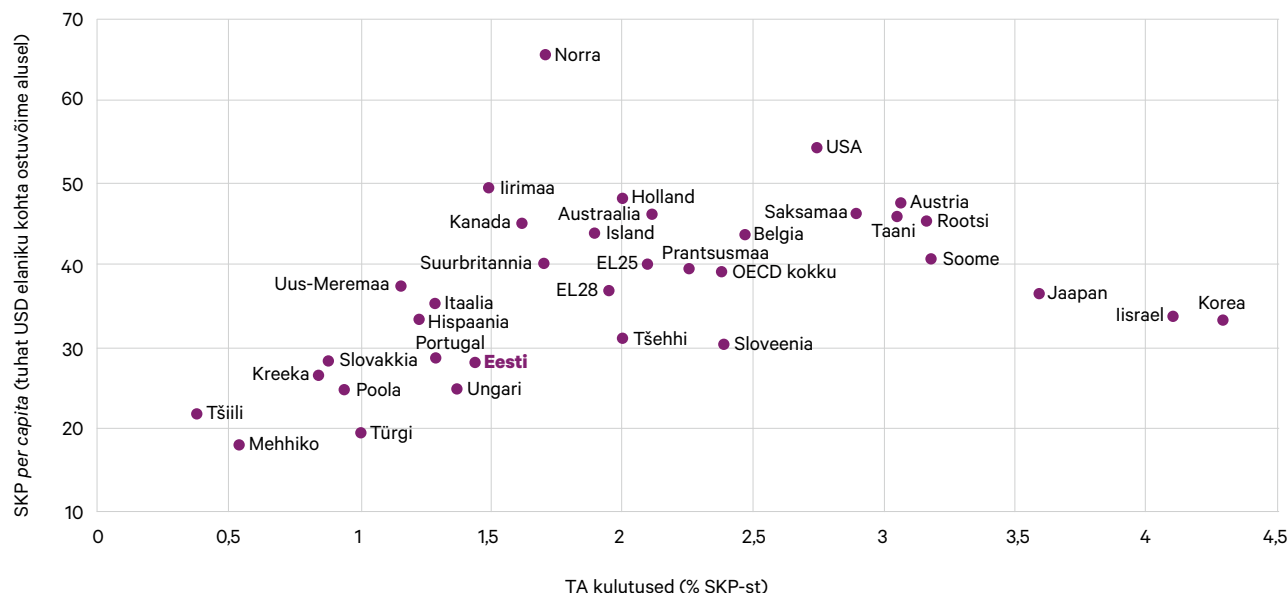
Tuleb tunnistada, et Eesti innovatsioonisüsteem ei ole veel võimeline piisavalt tõhusalt TA kulutusi majandustulemusteks teisendama. Teadusmahukuse kasv Eesti majanduses eeldab meie ettevõtete koha muutmist rahvusvahelistes väärtusahelates, mis toetaks tootlikkuse ja üldise heaolu kasvu ning tekitaks soovi kasutada partneritena enam teadusasutusi. Mida kõrgemas liigas konkureerivad meie ettevõtted, seda enam on neil vaja ülikoole, teadust ja teadlasi. Teiselt poolt on väga heal tasemel teadus ja hästi motiveeritud teadlased parimad koostööpartnerid. Seni ei ole Eesti teaduse rahastamissüsteem ega teadlaste karjäär olnud tugevalt orienteeritud koostööle ettevõtlusega ja muudatused selles suunas on hädavajalikud majanduse teadusmahukuse suurendamiseks.

Seos riigi tulutaseme ning teadus- ja arendustegevusse tehtud investeeringute vahel

Kõige üldisem riigi teadusmahukuse mõõdik on TA kulutuste osakaal riigi sisemajanduse kogutoodangust. See ühendab nii avaliku sektori kui ka erasektori kulutused TA-sse ja näitab, kui tähtis TA riigi jaoks on. Sageli kritiseeritakse seda näitajat väitega, et tegemist on vaid puhtalt kulutuste või investeeringutega, mis ei pruugi alati olla tulemuslikud. Seetõttu võtame vaatluse alla ka tootlikkuse kõige üldisema näitaja, milleks on riigi sisemajanduse kogutoodang mõõdetuna ühe elaniku

kohta võrreldavates hindades. Joonisel 4.1 on esitatud nii TA kogukulutused protsendina sisemajanduse kogutoodangust kui ka riikide elanike tulutase tuhandetes USA dollarites ühe elaniku kohta ostujõu pariteeti arvestades. Joonis 4.1 näitab seega seost TA kulutuste ja riigi tulutaseme vahel. Suurema tulutasemega riikides tehakse enamasti ka suuremaid kulutusi TA-sse. See ei ütle veel midagi põhjusliku seose kohta, kuid aegridadel põhinevad uuringud on näidanud mitme Aasia riigi puhul, et enne on suurendatud TA kulutusi ja seejärel on tõusnud ka nende riikide tulutase ehk TA kulutused on olnud investering majanduskasvu. Kuid see on toimunud väga hästi üles ehitatud riigi innovatsioonisüsteemi raames⁴⁴.

Joonisel 4.1 on Eesti võrreldavate OECD liikmesriikide hulgas üsna tagasihoidlikul positsioonil nii TA kulutuste osakaalu poolest sisemajanduse kogutoodangust kui ka sisemajanduse kogutoodangult ühe elaniku kohta. Meiega samas olukorras on Ungari ja Portugal ning veidi paremad Tšehhi ja Sloveenia. Tervikuna on TA investeeringud vaadeldud riikide hulgas majanduse tulemuslikkusega hästi korreleerunud. Selgelt paistavad silma USA, Taani, Rootsi ja Saksamaa, kus nii TA kulutuste tase kui ka SKP elaniku kohta on väga kõrged. Huvitav riikide rühm on Jaapan, Korea ja Iisrael, kus TA kulutuste tase on suhteliselt kõrgem kui nende tulutase. Samas leidub ka riike, kus majanduse tulutase on suhteliselt kõrgem kui TA kulutuste tase. Sellisel juhul on tegemist näiteks loodusvarade poolest rikka riigiga (Norra, Kanada) või välisinvestorite lähtekohana Euroopa turul tegutsemisel (Iirimaa), mis võimaldab tulutaset tõsta ilma TA kulutusi tegemata.



Joonis 4.1. TA kulutused (% SKP-st) ja SKP elaniku kohta (tuhat USD ostuvõime alusel) 2014. aastal.

Allikas: OECD.⁴⁵

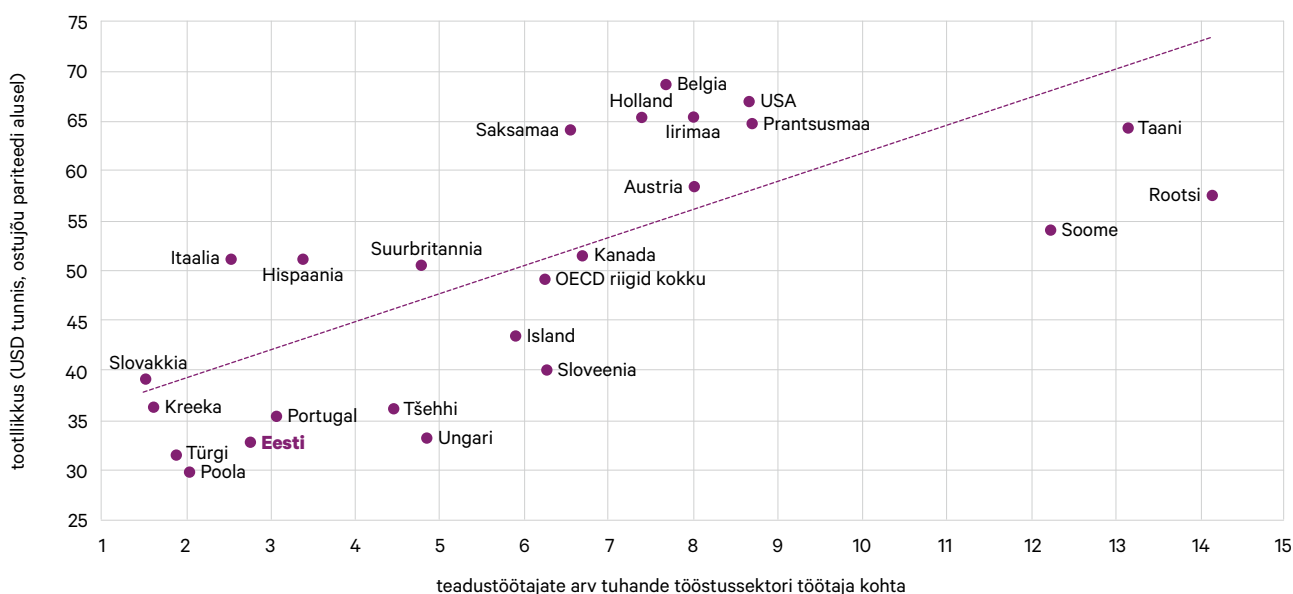
⁴⁵ Main Science and Technology Indicators Database. (2016). OECD. – www.oecd.org/sti/msti.htm (07.10.2016).

⁴⁴ Fagerberg, J., Godinho, M. (2007). *Innovation and Catching Up*. – *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, pp. 514–542.

Eesti võimekus pöörata teadust tootlikkuseks on piiratud

Üldistavalt saab joonise 4.1 põhjal väita, et investeeringud TA-sse ja riigi majanduse tootlikkuse tase kõige üldistataval kujul mõõdetuna on omavahel seoses. Järgmise sammuna vajab uurimist seos tootlikkuse ning teadustöötajate arvu vahel. Viimaste tegevuse kaudu realiseeritakse ettevõtlussektoris suur osa TA investeeringutest. Loomulikult on siin väga tugevad erinevused majandusharude kaupa. Käesoleva artikli piiratuse tõttu ei süveneta nendesse erinevustesse, vaid piiratakse seose uurimisega tootlikkuse (mõõdetuna ühe töötaja kohta loodud lisandväärtusega) ning teadustöötajate arvu vahel tuhande töötaja kohta OECD riikide töötlevas tööstuses. See majandusharu on väga oluline kogu majanduse teadusmahukuse seisukohalt, kuna kõrgtehnoloogiline ja teadus-

mahukas töötlev tööstus on nõudlik tellija ka paljudele teenu-seid osutavatele majandusharudele ning sellega aitab kaasa kogu majanduse teadusmahukuse ja tootlikkuse kasvule. Joonise 4.2 vertikaalteljel on tootlikkus ühe töötaja kohta ning horisontaalteljel teadustöötajate arv tuhande tööstussektori töötaja kohta 2014. aastal. Esimese järeldusena saab jällegi väita, et teadustöötajate suhteline osakaal töötajaskonnas ja tootlikkus töötaja kohta on omavahel seotud. See seos on püsiv ka pikemat ajaperioodi vaadeldes. Teise järeldusena tuleb tunnistada, et Eesti on OECD riikide hulgas väga nõrgal positsioonil nii töötleva tööstuse tootlikkuse kui ka teadustöötajate suhtarvu poolest, paiknedes samas rühmas Türgi, Portugali ja Poola. Meie põhjanaanabrid on palju paremad nii tootlikkuse kui ka teadustöötajate suhtarvu poolest.



Joonis 4.2 Tootlikkus (USD tunnis, ostujõu pariteedi alusel) vs. teadustöötajate arv tuhande tööstussektori töötaja kohta 2014. aastal (või viimasel olemasoleval aastal).

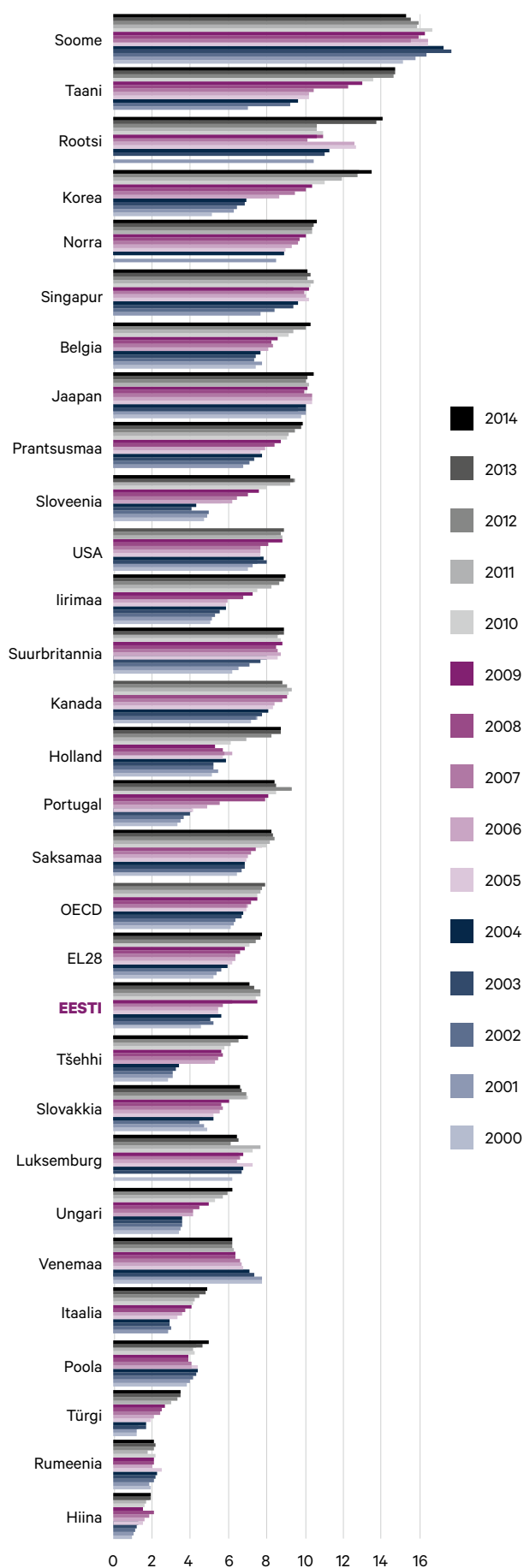
Allikas: Eurostat.⁴⁶

Eesti ettevõtluses töötab vähe teadustöötajaid ning napilt on doktorikraadiga töötajaid

Järgmise etapina saab kirjeldada, milline on olukord Eestis teadusmajanduse sisenditega – milline on olnud Eesti tööstuses ja ettevõtlussektoris tervikuna teadustöötajate arvu dünaamika. Kas nende suhteline osakaal töötajaskonnas kasvab? Teadusmajanduse seisukohalt on lisaks oluline uurida, mis on juhtunud doktorikraadiga teadustöötajate arvuga ettevõtlussektoris. Teadusmajanduse kõige tähtsam

sisend on haritud inimeste hulk ja nende teadmiste-oskuste kvaliteet. Eesti on kõrgharitud inimeste osakaalu (45%) alusel rahvusvahelises võrdluses väga heal kohal. Kui vaadata TA-ga tegelevate inimeste suhtelist osatähtsust töötajaskonnas, on Eesti positsioon tagasihoidlikum. Joonisel 4.3 kajastub teadustöötajate arvu muutumine tuhande töötaja kohta aastatel 2000–2013 kogu Eesti töötajaskonnas. Sisuliselt kajastab see joonis seega teadustöötajate osakaalu muutumist eri riikide töötajaskonnas.

⁴⁶ Eurostat. <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (14.10.2016).



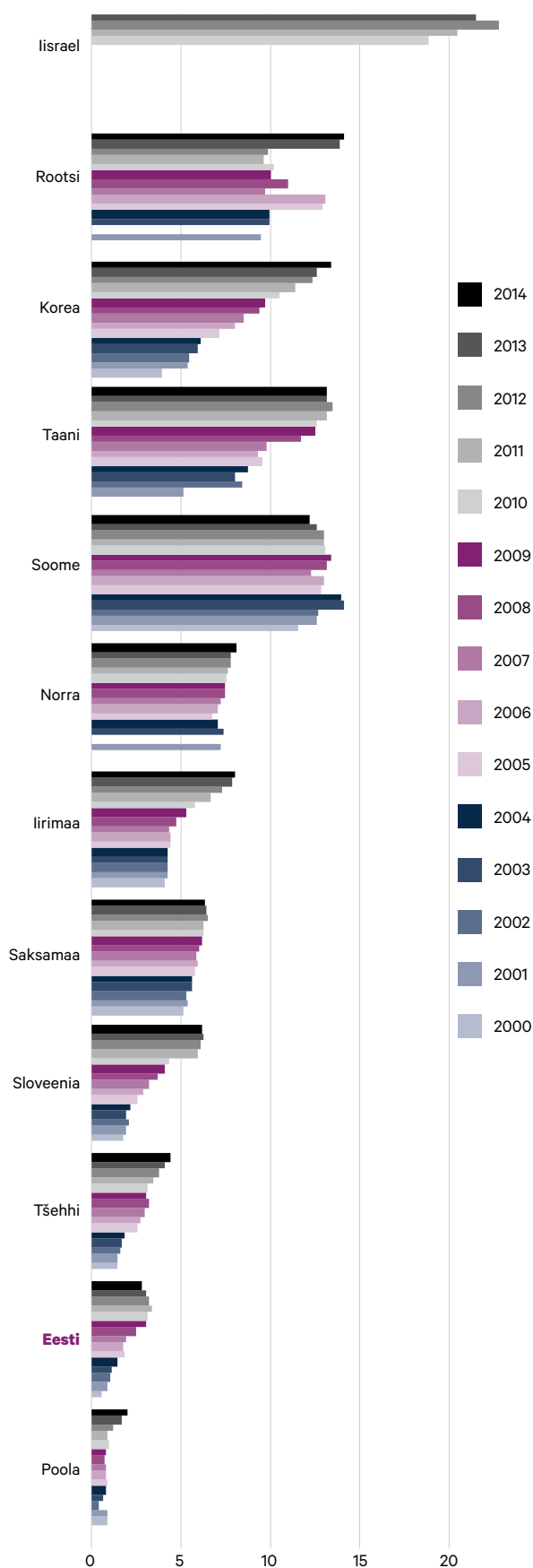
Joonis 4.3. Teadustöötajate arv 1000 töötaja kohta aastatel 2000–2014. Allikas: OECD.⁴⁷

⁴⁷ Main Science and Technology Indicators Database. (2016). OECD. – www.oecd.org/sti/msti.htm (07.10.2016).

Jooniselt 4.3 näeme, et kõnealuse näitaja poolest on juhtiv riik Soome, kus on üle 15 teadustöötaja iga tuhande töötaja kohta. Eestis on teadustöötajate arv kasvanud 4,5 töötajalt iga tuhande töötaja kohta enam kui seitsme töötajani ning stabiliseerunud sellel tasemel. Eesti teadustöötajate suhtarv on selle näitaja põhjal EL liikmesriikide ja OECD riikide keskmiste tasemele väga lähedane. Peale Soome on teadustöötajate osatähtsus töötajate seas suurem Taanis, Koreas ja Rootsis. Seejuures Lõuna-Koreas on vaatlusalusel perioodil teadustöötajate arvukus tuhande töötaja kohta kasvanud 5,13-lt töötajalt 2000. aastal 13,5 töötajani 2014. aastal. See on väga kiire kasv. Ka Taani puhul on küllaltki samalaadne kasvutrend, kuid Rootsi näitaja on sarnaselt Soome omaga olnud kõikumavam. Väga madala teadustöötajate osakaaluga paistavad silma Hiina, Rumeenia ja Türgi. Kõrgem teadustöötajate osakaal riigi töötajaskonnas loob üldjoontes paremad eeldused ka ülikoolide ja ettevõtete TA-alaseks koostööks. Kokkuvõttelult on Eesti näitaja areng olnud üsna positiivne. Hoopis nõrgem on Eesti olukord, kui vaadelda töötlevat tööstust. Joonisel 4.4 on näidatud teadustöötajate arv tuhande töötaja kohta töötlevas tööstuses ajavahemikus 2000–2014 võrdlvalt Eestis ja mitmes teises erineva arengutasemega riigis. Jooniselt selgub, et hoolimata selle näitaja paranemisest jääb Eesti oma 2,8 teadustöötajaga tuhande töötaja kohta alla Soomele, Rootsile ja Taanile üle nelja korra, Eestist eespool on ka Sloveenia ja Tšehhi. Joonisel võrreldud riikidest on Eestist madalamal tasemel vaid Poola.

Eriti silmatorkav on Iisrael, kus teadustöötajate suhtarv on erakordselt kõrge, kuid ka Lõuna-Korea on näide väga kiirest teadustöötajate arvu kasvuga riigist. Joonisele valitud riikidest on Iirimaa huvitav selle poolest, et pärast pikemat paigalseisu on seal välisinvesteeringud lõpuks hakanud ka suurendama teadustöötajate arvu. Kahjuks pole Eesti tööstuses näha jätkuvat teadustöötajate arvu kasvu. See tekitab küsimuse, miks meil on tööstuses jätkuvalt nii madal teadustöötajate suhtarv. Ilmselt on see seotud Eesti ettevõtete kohaga rahvusvahelises väärtusahelas, mis ei eelda teadustöötajate töökohtade loomist ja vajalik teadmus saadakse väljastpoolt ettevõtet.

Teine majandusharude teadmismahukuse väga oluline mõõdik on nende võime kaasata doktorikraadiga töötajaid. Järgneval joonisel 4.5 on näha doktorikraadiga töötajate arv ajavahemikus 1998–2014 kaheksa laia tegevusvaldkonna kaupa Eestis. Perioodil 1998–2010 toimus Eesti ettevõtlussektoris doktorikraadiga töötajate arvu kiire kasv 83-lt 292-ni. Kahjuks märkis 2011. aasta doktorikraadiga töötajate arvu kahanemise algust ja see trend ei ole uuesti kasvule pöördunud. Kiire kasvu perioodil suurenes doktorikraadiga töötajate arv eelkõige TA valdkonnas ehk suures osas avaliku sektori teadussüsteemis (vt joonist 4.5). Samal ajal on töötlevas tööstuses, äriteenustes, telekommunikatsioonis ja tarkvaraarenduses doktorikraadiga inimeste hulk pikaajalise trendina küll kasvanud, kuid viimastel aastatel siiski vähenenud. Siin on põhjuseks ilmselt viimasel ajal toimunud TA mahukate teenuste või ka tootmise paigutamine Eestist välja. Positiivselt paistab silma elektrienergia ja veevarustuse valdkond, kus sel ajavahemikul on doktori-



Joonis 4.4. Teadustöötajaid tuhande töötaja kohta töötlevas tööstuses aastatel 2004–2014. Allikas: OECD.⁴⁸

⁴⁸ Main Science and Technology Indicators Database. (2016). OECD. – www.oecd.org/sti/msti.htm (14.10.2016).

kraadiga töötajate arv kasvanud nullilt kaheksale. Kokku töötab väljaspool TA valdkonda Eesti majanduses vaid umbes 75 doktorikraadiga inimest. See on väga sügavas vastuolus asjaoluga, et igal aastal saab Eesti ülikoolidest doktorikraadi 150 inimest. Veel teravam on vastuolu meie strateegilise sihi ehk 300 uue doktoriga aastas.

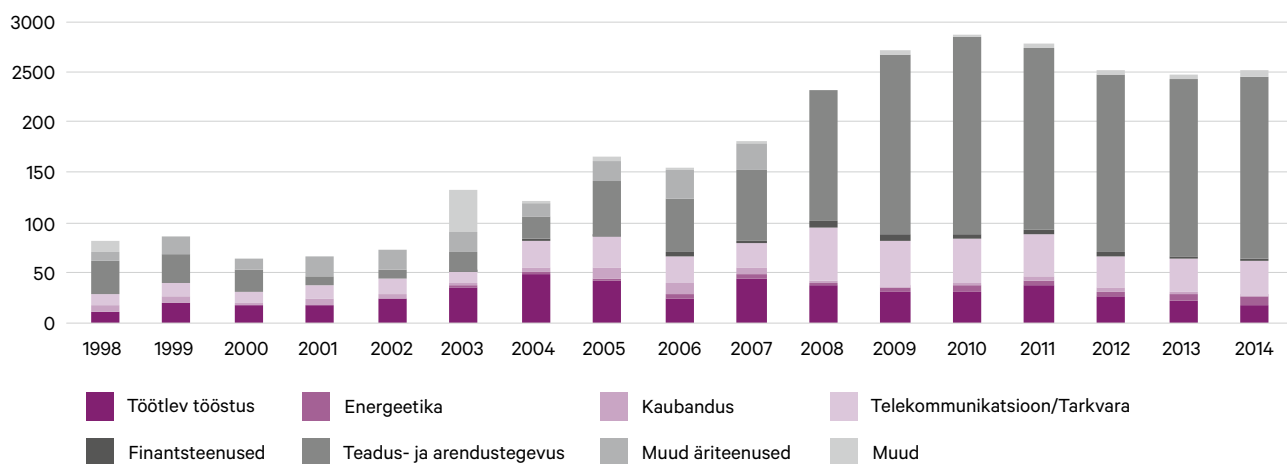
Seega peegeldavad eelmised kaks joonist kokkuvõtlikult (nii Eesti madal teadustöötajate suhtarv ning väga tagasihoidlik doktorikraadiga töötajate arv) selgelt, et majandus ja ühiskond tervikuna ei suuda kõrgelt haritud spetsialiste rakendada. See omakorda kajastub meie ettevõtete madalates tootlikkuse näitajates ehk mõõdukas suutlikkuses luua uut väärtust, mida näitas eespool joonis 4.2. Kuid tootlikkus on pikas vaates olulisim otsene konkurentsivõime tegur ja majanduskasvu allikas.

Eesti ettevõtlussektori teadus- ja arendustegevus on väga kitsa baasiga

Eesti ettevõtlussektori TA on väga tugevasti kontsentreeritud. Eestis on kokku vaid 250 ettevõtet, kes on TA-sse üldse investeringuid teinud. Kuid 2012. aastal andsid 27 suuremat ettevõtet sellest 75% ja 50 suuremat ettevõtet andsid lausa 85% kogu TA kulutustest⁴⁹. Suuremate investeerijate hulgas on paljud Eesti riigiettevõtted (nt Eesti Energia, Eesti Post (Omniva), Elering). Teiselt poolt üle kolmandiku moodustavad mikroettevõtted, kus on alla üheksa töötaja. Rohkem kui 500 töötajaga TA tegevusega tegelevaid ettevõtteid on alla kümne. Kontsentratsiooniprotsess on viimasel kümnendil isegi süvenenud.

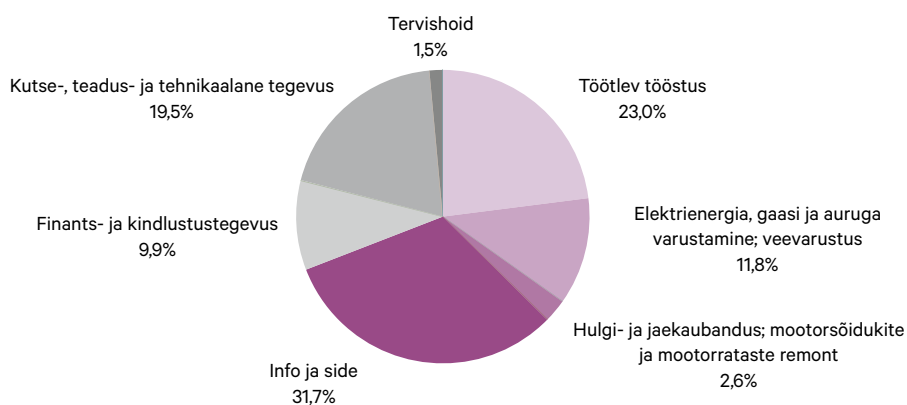
Järgneval joonisel 4.6 on tegevusalade kaupa välja toodud Eesti ettevõtete TA kulutuste osakaalud, mis sisaldavad nii ettevõttesiseseid kui ka -väliseid TA kulutusi 2014. aastal. Suurim investeerija on info ja side tegevusala, kus tehti 32% kõigist TA investeringutest, järgnevad töötlev tööstus 23% ning kutse, teaduse ja tehnika valdkond 20%-ga, finants- ja kindlustustegevus moodustasid 10%. Viimasel kümnendil on kiiresti kasvanud kutse, teadus ja tehnika valdkonna osatähtsus. Tuleviku seisukohalt on Eesti ettevõtlusel väga raske olla edukas teadmismajanduses, kui vaid väga väikene osa ettevõtetest tegeleb TA-ga. Selliste ettevõtete arv peaks oluliselt suurenema ja mitmekesistuma.

⁴⁹ Mürk, I., Kalvet, T. (2015). Teaduspõhiste ettevõtete roll Eesti T&A- ja innovatsioonisüsteemis. – TIPS uuringu 4.3 lõppraport. Tallinn: TTÜ Ragnar Nurkse innovatsiooni ja valitsemise instituut, lk 49.



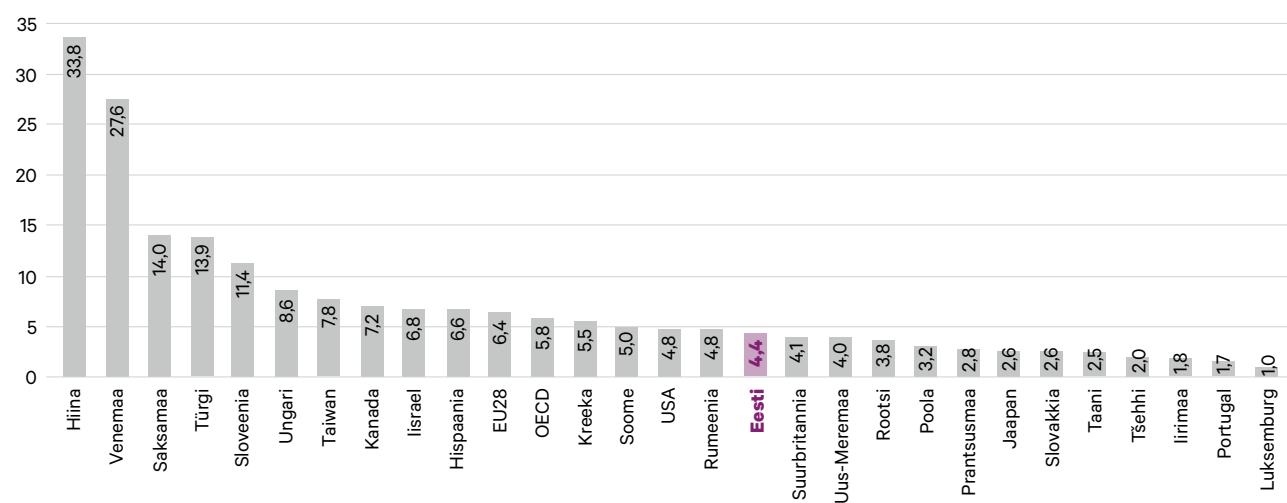
Joonis 4.5. Doktorikraadiga teadustöötajaid Eesti ettevõtlussektoris valdkonniti.

Allikas: Statistikaamet.⁵⁰



Joonis 4.6 Eesti ettevõtete TA kulutuste osakaal tegevusalade kaupa (ettevõttesisesed ja -välised TA kulutused kokku) 2014. aastal.

Allikas: Statistikaamet.⁵¹



Joonis 4.7. Ettevõtlussektori osatähtsus riigi kõrghariduse teadus- ja arendustegevuse rahastamisel 2013. aastal (protsent kõrgharidussektori TA kulutustest).

Allikas: OECD.⁵²

⁵⁰ Statistikaamet. www.stat.ee (20.10.2016).

⁵¹ Statistikaamet. www.stat.ee (20.10.2016).

⁵² Main Science and Technology Indicators Database. (2016). OECD. – www.oecd.org/sti/msti.htm (14.10.2016).

Ettevõtlussektori ja teadussektori TA koostöö on napp

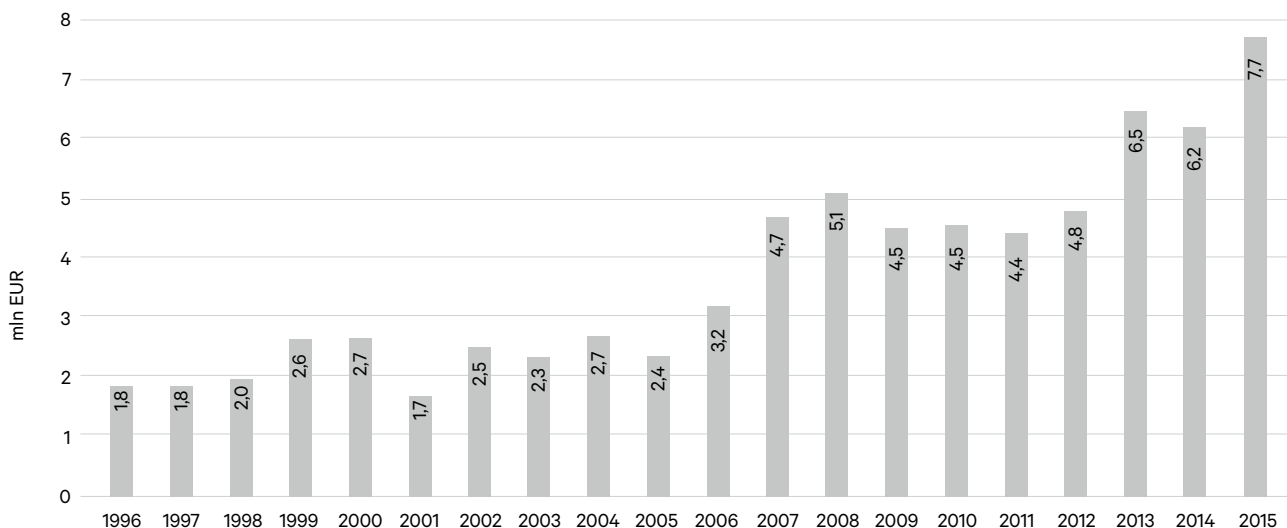
Senised uuringud ettevõtete innovatsioonikäitumise kohta näitavad, et uuendusmeelsed ettevõtted kasutavad väga paljusid teadmusallikaid ja teevad koostööd eri koostööpartneritega (tarbijate, tarnijate, konkurentide, ülikoolidega jne). Koostöö kasulikkus seisneb eelkõige ressursside baasi ja kompetentsi laiendamises. Seega võib järeldada, et ettevõtete innovatsioonivõime paraneb laiemate teadmiste baasi, kulude ja riski jagamisel, mis toimub läbi koostöö teiste subjektidega (koostööpartneritega). Mida keerukamaks muutub ettevõtete tegevus rahvusvahelistes väärtusahelates, seda mitmekesisemat teadmiste baasi on neil vaja ja seda enam pööravad nad näo ka ülikoolide poole.

Rahvusvahelises võrdluses on Eesti ettevõtluse panus ülikoolide teadustegevuse rahastamisse vaid veidi allpool OECD keskmist taset. Joonisel 4.7 on toodud OECD andmed eri riikide ettevõtlussektorite osatähtsuse kohta TA rahastamisel kõrghariduse valdkonnas. Eesti näitaja 4,4% jääb mõnevõrra alla nii Euroopa Liidu kui ka OECD riikide keskmistele, mis olid vastavalt 6,4% ja 5,9%.

Üllatuslikult oli Eesti näitaja 2013. aastal väga lähedane USA ja Suurbritannia vastavatele näitajatele. Erakordselt suur on ettevõtlussektori panus uurimistöö kaasrahastamisse kõrghariduses Hiinas ja Venemaal. See on tõenäoliselt tingitud

suhteliselt käsumajanduslikust korraldusest, kus ettevõtete tegevuse suunamisel on riigil väga oluline roll. Saksamaa 14% näitaja seondub pigem kõrgelt arenenud tööstuspotentsiaaliga, mis vajab arenguks uusi teadmussisendeid ülikoolidest. Ettevõtlussektori roll on kõnealuste andmete kohaselt kõige tagasihoidlikum Luksemburgis, Portugalis ja Iirimaa. Kokkuvõtteks võib tõdeda, et Eesti protsentuaalne näitaja on võrreldav küll mitme olulise novaatorriigi vastavate näitajatega, samas näitavad innovatsiooniuuringute tulemused⁵³, et ülikoolidega innovatsioonikoostööd tegevate ettevõtete osakaal on veidi kasvanud, kuid siiski väga madal, mistõttu võib öelda, et see TA koostöö on samuti väga kontsentreeritud. Järgnev joonis 4.8 näitab ettevõtlussektori poolt rahastatud ülikoolides ja muudes teadusasutustes ajavahemikus 1998–2015 tehtud teadus- ja arendustööd miljonites eurodes.

Selge muutus ettevõtlussektori poolt rahastuses avaldub alates 2007. aastast ja see on seotud Euroopa Liidu tõukefondide kasutuselevõttuga, mis võimaldas ettevõtlussektoril kaasrahastamise kaudu hakata tellima uurimistööd teadusasutustelt. Kriisi ajal mitme ettevõtlusmeetme kiirendatud avamine oli oluline ettevõtlussektori TA tollaegse võimekuse säilitamiseks⁵⁴. Kui ettevõtete kogu TA investeeringud seisid aastatel 2008–2009 paigal, siis avaliku sektori finantseering ettevõtete TA-s kasvas veidi ning alates 2010. aastast TA kulutuste kasv kiirenes just ettevõtlussektoris, samal ajal avalik sektor ise tõmbus veidi tagasi.



Joonis 4.8. Ettevõtlussektori poolt finantseeritud TA kulutused kasumitaotluseta sektorites (mln EUR) aastail 1996–2015.

Allikas: Statistikaamet.⁵⁵

⁵⁵ Statistikaamet. www.stat.ee (20.10.2016).

⁵³ Ukrainski, K., Varblane, U. (2015). Teadusmajandus kui Eesti eesmärk: kas läheneme sellele või mitte? – Eesti Inimarengu Aruanne 2014/2015. Tallinn: Eesti Koostöö Kogu, lk 36–46.

⁵⁴ Ukrainski K., Karo, E., Kelli, A., Vallistu, J., Tänav, T., Kirs, M., Lember, V., Kalvet, T. ja U. Varblane. (2015). Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2007–2013 täitmise analüüs. – Lõpparuanne. Tallinn ja Tartu: Tallinna Tehnikaülikool ja Tartu Ülikool.

Järgmisena vaatlemegi joonise 4.9 abil riigipoolse finantseerimise osatähtsust ettevõtlussektoris toimuva TA rahastamisel. Siingi on näitajate varieeruvus päris suur, ulatudes vähem kui ühelt protsendilt Šveitsis kuni ligi viiendikuni Ungaris ning 14%-ni Rumeenias. See võib viidata nii riikide ja sealsete ettevõtlussektorite arenguerinevustele kui ka erinevustele poliitikas. Jooniselt näeme, et Eesti asub 10,2%-ga kõrgel kuuendal kohal, mis tähendab, et Euroopa Liidu kaasabil toimub päris ulatuslik ettevõtete arendustegevuse toetamine riigi poolt. Selle kaasrahastamise kaudu on riigil olemas potentsiaalne innovatsioonipoliitiline hoob, mille abil ärgitada ülikoole ja ettevõtteid tihedamale omavahelisele koostööle.

Üksnes rahalisest stiimulist ei tarvitse selleks loomulikult piisata, kuid rahastamist kui poliitikakujundajate poolt signaali andmist ei tohi ka alahinnata. Selle näitaja poolest ületab Eesti märgatavalt nii Euroopa Liidu kui ka OECD riikide keskmiseid näitajaid, mis olid vastavalt 6,7% ja 6,6%. Riigipoolse kaasrahastamise suhteliselt suur osatähtsus on riigile proovikivi, sest neid tugivahendeid tuleks kasutada viisil, mis toetab parimal võimalikul moel ühiskonna arengut. Arendusprioriteetide seadmine on Eesti poliitikakujundajatele nutika spetsialiseerumise kontseptsiooni tingimustes vastuoluderikas ülesanne. Teisalt võib Eesti näitaja suhteliselt kõrget taset näha riigipoolse püüna leevendada ettevõtete endi rahalise piiratuse negatiivset mõju arendustegevusele ettevõtlussektoris. Kokkuvõtteks tuleb siiski tõdeda, et juhtivates novaatorriikides (kui USA kõrvale jätta) on seesuguse riigipoolse panuse osatähtsus ettevõtlussektori TA rahastamisel olnud väiksem.

Tootlikkuse suurendamise vajadus sunnib ettevõtteid teadmusmahukamaks muutuma

Riigid konkureerivad pidevalt omavahel kapitali ja tööjõu pärast, püüdes neile füüsilise ja institutsionaalse infrastruktuuri kaudu pakkuda soodsaimat tegevuskeskkonda. Samamoodi konkureerivad ettevõtted omavahel ka tootmistegurite pärast. Nende edukus sõltub sellest, kui palju nad suudavad müüa kaupu ja teenuseid ning teenida kasumit. Kasumi teenimise võime oleneb suuresti tootmissisendite kasutamise tõhususest ehk tootlikkusest. Siin avaldubki seos nii riigi kui ka ettevõtete konkurentsivõime ja tootlikkuse taseme vahel. Tootlikkus on pikas perspektiivis olulisim otsene konkurentsivõime tegur ja majanduskasvu allikas⁵⁶. See roll on tal nii rahvamajanduse kui ka üksikettevõtte tasandil. Stabiilne tootlikkuse kasv ettevõtte tasandil võimaldab teenida suuremat kasumit, tõsta reaalkasid, teha lisainvesteeringuid uutesse tehnoloogiatesse ja tootearendusse, arendada välja uusi välisturgudele sisenemise kanaleid jne. See suurendab ettevõtete konkurentsivõimet kodu- ja välisurgudel. Tugev ettevõtlussektor on omakorda riigi majandusliku tugevuse aluseks ning seeläbi on tootlikkuse kasv otseselt seotud elatustaseme suurenemisega: kasvab inimeste reaalsissetulek, võimalik on osta rohkem kaupu ja teenuseid, investeerida haridusse jne.

⁵⁶ Krugman, Paul. (1994). *Competitiveness: a dangerous obsession*. – *Foreign affairs*, Vol 73, No 2, pp. 28-44.

Millest siis tuleneb meie tööjõu väike tootlikkus? Seda ei saa selgitada lihtsalt Eesti töötajate töö vähesa intensiivsusega. Väga tähtis on see, missugust tööd nad teevad, kui keerukad on need tooted või teenused, mida valmistatakse. OECD tootlikkuse raportis öeldakse, et tähtis pole see, milliseid tooteid riik valmistab, vaid see, missuguseid tegevusi riik tootmisahelas teeb⁵⁷. Seega on väga tähtis, missugune on meie ettevõtete koht rahvusvahelises väärtusahelas.⁵⁸

Eesti majanduse konkurentsivõime kindlustamiseks ja parandamiseks on tulevikus vaja teha väga suuri jõupingutusi, et muuta meie majandust ka tegelikult teadmusmahukaks ning toota kaupu ja teenuseid, milles sisaldub hoopis enam loodud uut väärtust. Kuid teadmusmahukuse kasv on tihedalt seotud tootlikkuse kasvuga – teguritega, mis mõjutavad ettevõtete ja riigi tootlikkuse taset. Selleks ei piisa vaid töö intensiivsuse suurendamisest töökohtadel. Väga tähtis on see, millises rahvusvahelise väärtusahela osas ettevõtte tegutseb. Tootlikkuse kasvatamine on pidev ja keerukas protsess, mis nõuab pidevat õppimist. See-ga pole tootlikkuse kasvu võimalik saavutada ühe lihtsa vahendiga, vaid see on terve hulga tegurite koostoime, milles peavad oma panuse andma nii ettevõtjad kui ka riik oma majanduspoliitikaga (mis on laiem kui TAI strateegiale tuginev poliitika). Kuid paljud Eesti ettevõtted on väikesed ning see piirab nende võimet rohkem toota ja müüa. Pealegi puudub neil sageli ettekujutus maailmaturu nõudlusest, konkurentide kasutatavast tehnoloogiast, uutest organisatsioonilistest lahendustest, mis kõik aitaksid kaasa ettevõtte võimele müüa oma kaupa maailmaturul. Teine probleem on meie ettevõtete müüdavate kaupade madal hinnatase, sest need on sageli vaid pooltooted, mida Lääne-Euroopa partner edasi väärindab.

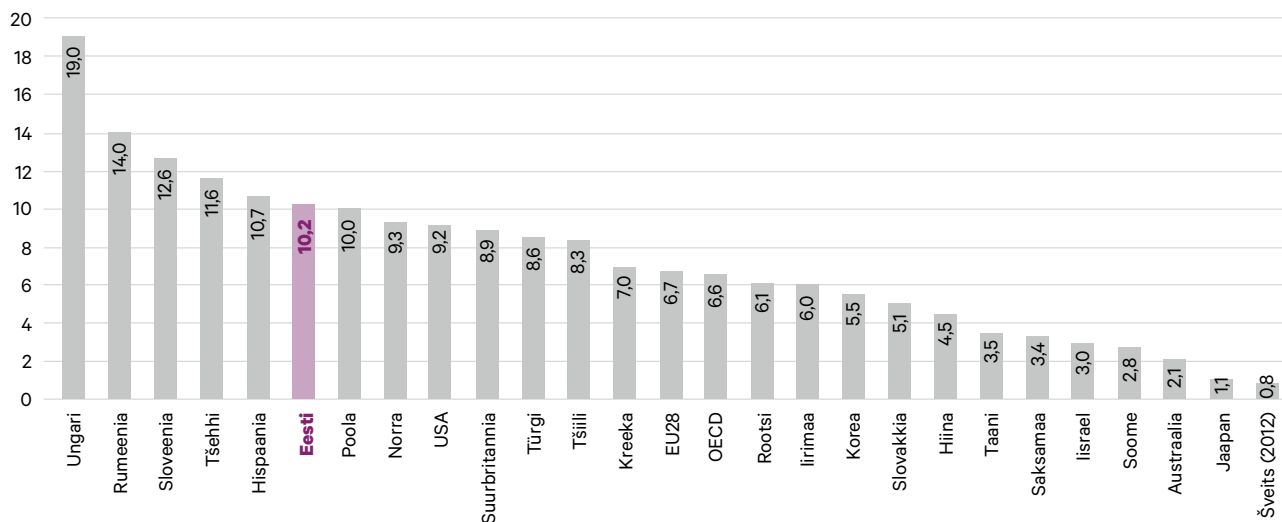
Paljud uuringud on näidanud, et väärtusahela raames (toote arendamisest kuni selle müügini lõpptarbijale) teenitakse suhteliselt kõige väiksemat lisandväärtust just tootmise staadiumis⁵⁹. Olukorra parandamiseks ja tootlikkuse suurendamiseks on ettevõttel vähemalt kolm strateegilist arengusuunda, mille puhul jäädakse samasse väärtusahelasse (vt joonist 4.10).

Esimene võimalus on see, kui ettevõtte jätkab oma senist tootmistegevust, kuid püüab teostada erinevaid protsessiinnovatsioone, parandab organisatsiooni toimimist ning selle tulemusena alandab tootmiskulusid ja suurendab loodavat lisandväärtust. See oleks joonisel kujutatav liikumisena ülespoole järgmisele väärtusahela joonele (vt joonist 4.10). Siis võib tekkida olukord, et tootmine tasub end jälle ära, kuid nüüd toodetakse keerulisemaid asju, mille juures vajalikud töötajate oskused ja teadmised on sellised, mida välismaistel konkurentidel ei ole lihtne kopeerida.

⁵⁷ OECD (2015). *The Future of Productivity*, OECD Publishing. – <https://www.oecd.org/eco/OECD-2015-The-future-of-productivity-book.pdf> (24.10.2016).

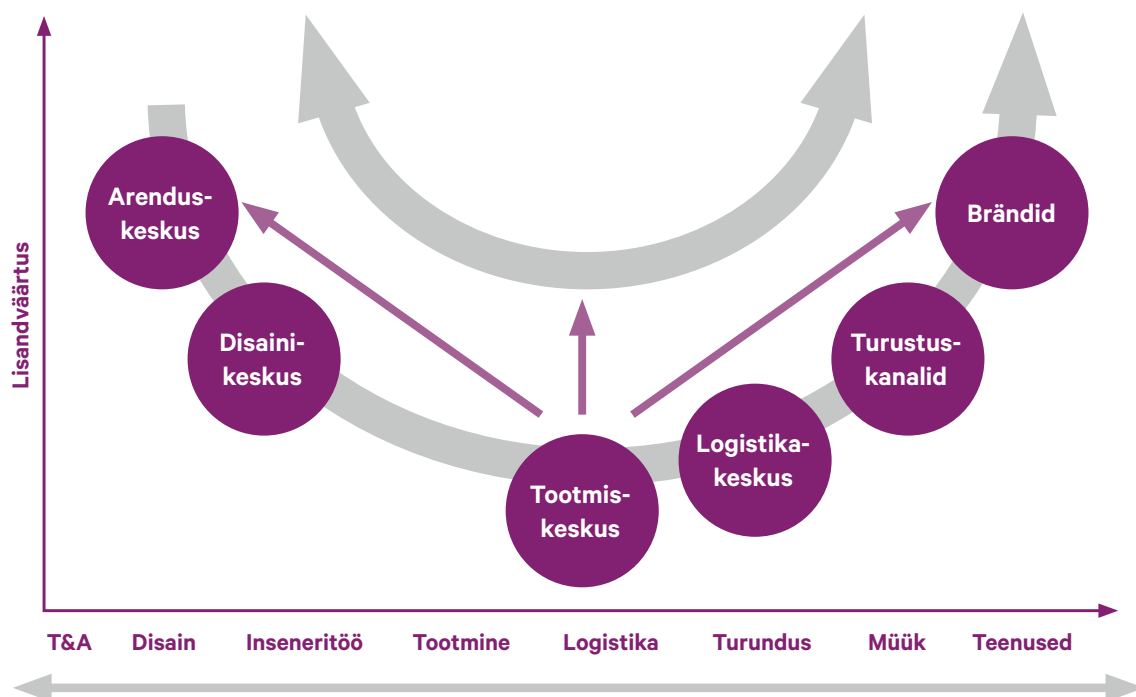
⁵⁸ WTO. (2013). *Global Value Chains. in a Changing World*, WTO Publications. – https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/aid4tradeglobalvalue13_e.pdf (26.10.2016).

⁵⁹ Dhanani, S., Scholtès, P. (2002). *Thailand's Manufacturing Competitiveness: Promoting Technology, Productivity and Linkages*. – UNIDO SME Technical Working Paper Series, No 8.



Joonis 4.9. Riigi osakaal (%) ettevõtlussektori teadus- ja arendustegevuse rahastamisel 2013. aastal.

Allikas: OECD.⁶⁰



Joonis 4.10. Tööjõu tootlikkuse suurendamise võimalused ettevõtte koha muutmise kaudu rahvusvahelises väärtusahelas.

Allikas: Urmas Varblane, Uku Varblane.⁶¹

⁶⁰ Main Science and Technology Indicators Database. (2016). OECD. – www.oecd.org/sti/msti.htm (14.10.2016).

⁶¹ Varblane, U., Varblane, U. (2009). Tööjõu tootlikkus ja selle muutused Eesti majanduses rahvusvahelises võrdluses. – Eesti majanduse aktuaalsed arengu-probleemid keskpikas perspektiivis. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk. 134–171.

Teiseks, ettevõtte püüab liikuda väärtusahelas ettepoole – see tähendab uue või uuendatud toote või teenuse arendamist, uute insenerilahenduste loomist ja selle ühendamist tootmisega. Nii saab ka tootmise etapil töötajatele rohkem maksta ja kogu ettevõttes loodud lisandväärtus kasvab (nool tootmisest vasakule joonisel 4.10). Kolmas võimalus on liikuda tootmisest edasi tarbija poole ehk liita tootmisega müügipool, jõuda välja oma kaubamärgi müümiseni, mille puhul oleks veel hea ühendada pakutava tootega ka mingid sobivad ja vajalikud teenused (nool tootmisest paremale joonisel 4.10). Ka sellisel juhul suureneb kogu ettevõtte loodud lisandväärtus ja jälle on võimalik ka tootmises hõivatutele enam maksta.

Kuid kindlasti on ka selliseid tegevusalasid, kus on vaja juba mõelda hoopis globaalsemalt – see tähendab otsust, et kõige väiksemat lisandväärtust andev tootmisetapp tuleb Eestist välja viia ja asuda ise rahvusvahelist väärtusahelat juhtima. Kogu eelnev arutlus viib tõdemuseni, et edukuse aluseks on soov, suutlikkus ja võimalus juurde õppida. Kõigi nende strateegiatega realiseerimisel on vaja rakendada uut teadmust ja see peaks suunama ettevõtteid arendama ettevõttesisest arendustööd, kuid samuti otsima uusi teadmusallikaid ning nii jõudma ka ülikoolide ja teiste teadusasutusteni.

Eesti konkurentsivõime kindlustamiseks ja parandamiseks on tulevikus vaja teha väga suuri jõupingutusi, et toota kaupu ja teenuseid, milles sisaldub hoopis enam uut loodud väärtust. Kiire arengu eelduseks Eestis pole praegusel etapil mitte ainult iga ettevõtte suured investeeringud TA-sse, vaid väga oskuslik mujal maailmas kasutatav tehnoloogia, samuti juhtimismetodite ja tootmise organiseerimise võtete rakendamine oma ettevõtetes. Innovatsiooni ei tohi mingil juhul vaadelda kitsalt vaid uute toodete arendamisena. Loomulikult eeldab see aga kõigepealt iga ettevõtte tasemel juhtide hulgas selgitustööd, et on vaja harjuda pideva õppimisega. Kokkuvõttes on Eesti tootlikkuse kasvu võti inimestes – nende teadmiste ja oskuste arendamises. Majandus ei ole mitte füüsiliste rajatiste ja tehnoloogiate kogum, vaid selles tegutsevad inimesed ja nende teadmised. Just inimeste võimekuse arendamisest algavad muutused, mis peegelduvad hiljem ettevõtete majandusnäitajates. **Ettevõtlussektori innovaatsilisuse ja tootlikkuse kasv eeldab mitmekülgseid teadmusallikaid ning senisest enam koostööd teadusasutustega.**

Riigi võimalused ettevõtlussektori teadusmahukust suurendada

Kuigi käesolev artikkel kirjeldab TA mahukuse kasvu Eesti majanduses ega süvene TAI poliitikakujundamise protsessidesse, on siinkohal välja toodud mõned poliitikasoovitused teistest analüüsides, mis viimastel aastatel Eestis on tehtud.

Eesti TAI strateegia 2014–2020 kujundamise üheks põhiteguriks oli arusaam, et strateegia elluviimine peaks peale meie teadussüsteemi arengu toetamise panustama senisest rohkem ja otsesemalt ka Eesti ettevõtlussektori tootlikkuse kasvu, vältimaks olukorda, kus TA kulude osakaal SKP-st aina

kasvab, innovatsioonitorid paranevad, kuid majanduse suutlikkus luua uut väärtust suureneb väga aeglaselt. Selleks on vaja senisest palju tõhusamat koostööd ettevõtlussektori, riigiinstitutsioonide ja ülikoolide vahel. Koostöö ei teki sunnimeetoditel, vaid selleks on vaja motivatsiooni ja institutsionaalse raamistiku olemasolu. Viimast tuleb eriti riigi ja ettevõtete koostöö puhul suuresti veel luua.

Kõige esimene ja olulisem samm on majanduse teadusmahukuse suurendamise toomine Eesti kasvustrateegia keskmesse, et riigi tegevused omavahel koordineerituna seda protsessi ühemõtteliselt toetaksid. TAI strateegia 2007–2013 hindamine tõi välja mitmesugused poliitikavaldkondade, tasandite ja instrumentide vahelised koordineerimisprobleemid⁶², mis ka praeguseks ei ole märkimisväärselt muutunud ja mis näitavad TAI strateegia⁶³ (ning haridus- ja teadusministeeriumi kui selle strateegia põhivastutaja) piiratust üksi seda probleemi nn teadussektorist lähtuva tõukeimpulsina lahendada.

Ettevõtlussektori TA-d toetavate instrumentide puhul on Eestis seni järgitud võitjate valimise strateegiat, tugevdades eelkõige tugevaid ning Tallinnas ja Harjumaal tegutsevaid ettevõtteid⁶⁴ ning samamoodi teaduse poolelt ka rahvusvaheliselt konkurentsivõimelisi teadusgrupe, kuid see ei ole vähendanud kõrgharidussektori ja erasektori TA spetsialiseerumiste lõhet⁶⁵. Oluline on laiendada TA-ga tegelevate ettevõtete baasi väljaspool Harjumaad ning arendada kohalike sotsiaalmajanduslike probleemidega tegelemiseks sobivamaid TA rahastamis- ja juhtimismehhanisme. TA-ga tegelevate ettevõtete osakaalu suurendamisel on esmaseks vajaduseks kasvatada nende TA-ga mitteseotud võimekust, et aidata neil paremini toime tulla avatud innovatsiooni paradigmat (*ibid*). Seda saab teha ülikoolide ja ettevõtete vahelise hariduskoostöö kaudu.

Nii poliitikakujundajad kui ka ülikoolid on ettevõtete ja ülikoolide koostööd seni mõistnud väga kitsalt – enamasti kui rakendusuuringu tegemist. Ettevõtteid, riik ja ülikoolid peaksid nägema koostöövõimalusi hoopis laiemalt: õppekavade arendamine ja elluviimine, elukestev õpe, üliõpilaste ja

⁶² Ukrainski K., Karo, E., Kelli, A., Vallistu, J., Tänav, T., Kirs, M., Lember, V., Kalvet, T. ja Varblane, U. (2015). Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2007–2013 täitmise analüüs. – Lõpparuanne. Tallinn ja Tartu: Tallinna Tehnikaülikool ja Tartu Ülikool.

⁶³ Teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2007 – 2013 „Teadmistepõhine Eesti” rakendusplaan strateegia eesmärkide täitmiseks aastatel 2010 – 2013. Kinnitatud Vabariigi Valitsuse 29.12.2009 korraldusega nr 587 (RT III 2010, 26, 57).

⁶⁴ Vicente, R., Kitsing, M. (2015). *Picking Big Winners and Small Losers: An Evaluation of Estonian Government Grants for Firms!* – https://www.researchgate.net/profile/Meelis_Kitsing/publication/277716024_Picking_Big_Winners_and_Small_Losers_An_Evaluation_of_Estonian_Government_Grants_for_Firms/links/5571861b08ae49af4a95ef4f.pdf (24.10.2016).

⁶⁵ Ukrainski K., Karo, E., Kelli, A., Vallistu, J., Tänav, T., Kirs, M., Lember, V., Kalvet, T. ja Varblane, U. (2015). Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2007–2013 täitmise analüüs. – Lõpparuanne. Tallinn ja Tartu: Tallinna Tehnikaülikool ja Tartu Ülikool.

teadlaste mobiilsus, juhtimiskoostöö jne⁶⁶. Selline arusaam laiendaks koostööpartnerite ringi. Ettevõtted, riik ja ülikoolid koos peaksid algatama pikaajalise koostöö, eksperimenteerima erinevate koostöövormidega ja olema nõudlikud koostöö kvaliteedi suhtes. Näiteks Eesti ettevõtjad saaks rohkem kasutada Eesti teadlaste abi oma TA jaoks lisarahastuse hankimiseks EL-i arendusprogrammidest. Huvide koordineerimatus on üks olulisi koostööd takistavaid tegureid. Ülikoolidel on enam vaja teha omavahelist koostööd (ühisõppekavade, praktikakorralduse, rahvusvahelistumise jmt) suunas, et muutuda ettevõtetele kasulikuks ja tõsiseltvõetavaks partneriks. Võrdlev uuring 14 Euroopa riigi hulgas näitas, et ettevõtted, kes ekspordivad ja omavad välisosalist, valivad oma koostööpartneriks pigem välisülikooli, kodumaised ülikoolid ei suuda neile vajalikku teadmust pakkuda. Kodumaiste ülikoolidega koostöö tegemisel osutus kõigis riikides oluliseks valitsuse toetus. See suurendas koostöö tõenäosust 12-s riigis 14-st⁶⁷.

Kokkuvõte

Eesti teaduse ja majanduse arengut kokku võttes võib öelda, et Eesti konkurentsivõime kindlustamiseks ja parandamiseks on tulevikus vaja teha väga suuri jõupingutusi, et muuta meie majandus ka tegelikult teaduspõhiseks ning toota kaupu ja teenuseid, milles sisaldub hoopis enam loodud uut väärtust. Tinglikult võib anda hinnangu, et nii Eesti teadus kui ka majandus on võimekuse tugevdamisel liikumas õiges suunas. Teadusmahuka majanduse eesmärgi saavutamist pidurdab siiski asjaolu, et innovatsioonisüsteem on killustatud. See väljendub selle artikli kontekstis teadusasutuste ja ettevõtete suhteliselt nõrgas koostoimes innovatsiooni loomisel.

Teadusmahukuse kasv on tihedalt seotud tootlikkuse kasvuga – teguritega, mis mõjutavad ettevõtete ja riigi tootlikkust. Selleks ei piisa vaid töö intensiivsuse suurendamisest töökohtadel. Väga tähtis on see, millises rahvusvahelise väärtusahela osas ettevõtte tegutseb. Tootlikkuse kasvatamine on pidev ja keerukas protsess, mis nõuab pidevat õppimist. Seega pole tootlikkuse kasvu võimalik saavutada ühe lihtsa vahendiga, vaid see on terve hulga tegurite koostoime, milles peavad oma panuse andma nii ettevõtjad kui ka riik oma majanduspoliitikaga. Üks olulisi hoobasid on teadus- ja kõrgharidusasutuste parem joondamine koostööle ettevõtete ja avaliku sektoriga, kuna võrreldes teiste riikidega toetab Eesti teadussüsteem majanduse uuenduslikkust suhteliselt vähe. Riik saab kohandada teaduse rahastamissüsteemi ja teadlaste karjääri orienteeritust kõrgtasemel publitseerimiselt rakenduslikumale teadusele ja innovatsioonile. Siin oleks meil vaja õppida 1980. aastatel Põhjamaades elluviidud reformist,

mis suunas teadlasi rohkem ühiskonna vajadusi uurima ja nende teadussüsteemide teaduslik tulemuslikkus seeläbi ei kannatanud.

Kuid paljud Eesti ettevõtted on väikesed, mis piirab nende võimet rohkem toota ja müüa. Pealegi puudub neil sageli ettekujutus maailmaturu nõudlusest, konkurentide kasutatavast tehnoloogiast, uutest organisatsioonilistest lahendustest, mis kõik aitaksid kaasa ettevõtte võimele müüa oma kaupa maailmaturul. Teine probleem on meie ettevõtete müüdavate kaupade madal hinnatase, sest need on sageli vaid pooltooted, mida Lääne partner edasi väärib. Eesti ettevõtete kasin innovatsioonivõimekus ja nii nende kui ka avaliku sektori vähenemine motiveeritus koostööks ülikoolidega on samuti probleem, mis takistab nn avatud innovatsioonimudeli rakendamise kaudu väärtusahelas ülespoole liikuda. Eri uuringud näitavad, et Eesti ettevõtted käituvad väga pragmaatilisel – eeskätt tehakse koostööd nende sidusrühmadega, kelle puhul koostööst saadud efekt on otseselt rahas mõõdetav ja kohe saavutatav. Teadusmahuka tootmise eesmärgiks seadmine ja selle eesmärgi saavutamine on aga väga pikaajaline protsess. Eesti üks väga oluline probleem ongi TA investeringute kitsas toetuspiir, mis on avaldunud eriti selgelt viimastel aastatel. Niipea kui põlevkivikeemia-alased TA investeringud külmutati, halvenesid märgatavalt ka kogu Eesti ettevõtlussektori teadusmahukuse näitajad. Arendustegevuse baasi laienemine ettevõtlussektoris toimub tööjõukulude kiire kasvu tingimustes tasapisi niikuinii, kuid selle protsessi kiirendamiseks on vaja teadusmahukust mõjutavatele teguritele suuremat tähelepanu pöörata.

⁶⁶ Lilles, A., Lukason, O., Roolah, T., Seppo, M., Varblane, U. (2015). Ettevõtete ja kõrgkoolide koostöökogemuse seire. – TIPS uuringu 4.1 lõppraport, Tartu, lk 100.

⁶⁷ Mohnen, P., Rõigas, K., Seppo, M., Varblane, U. (2014). *Which firms use universities as cooperation partners? – The comparative view in Europe. University of Tartu Faculty of Economics and Business Administration, Working Paper Series*, 93, pp. 1–28.



Taim roio-tradeskantsia avab oma nina (*Tradescantia spathacea*).

Autorid: Sulev Kuuse (foto) ja Evi Padu (valmistas preparaadi) (Tartu ülikooli molekulaar- ja rakubioloogia instituut), 2007.

Aktuaalsed teemad

Teaduse rahastamise süsteem vajab ümberkorraldamist

Andres Koppel

Eesti Teadusagentuur, juhatuse esimees

Karin Jaanson

Eesti Teadusagentuur, tegevjuht

Siret Rutiku

Eesti Teadusagentuur,
uurimistoetuste osakonna juhataja

Eesti taasiseseisvumise järel on meie teadus läbi teinud märkimisväärse arengu. Oluliseks arenguteguriks oli kaks kümnendit tagasi edukalt elluviidud teaduskorralduse reform, mille põhielementideks oli teadusasutuste võrgu ümberkujundamine peamiselt ülikoolidekeskseks, konkurentsipõhiste uurimistoetuste süsteemi loomine ja rahvusvahelise ekspertiisi kasutamine teadustöö taseme hindamisel. Pärast iseseisvuse taastamist oli majanduslikelt kehvades oludes peaeesmärgiks meie teaduspotsentsiaali suurendamine ja üleminek läänelikule teaduskorraldusele. Ühekorraga oli vaja tagada teaduse parema osa säilitamine ning selle arendamine kehvemast osast loobumise hinnaga. Eesti majandusliku edenemisega laienesid sihid teaduse infrastruktuurse baasi ajakohastamisele ning teadlaste rahvusvahelise koostöö ja mobiilsuse kasvatamisele. Tänapäeval oodatakse teaduselt⁶⁸ peale kõrgetasemelisuse ja mitmekesisuse üha enam tuge Eesti majanduslikule edinemisele ja elanike üldise heaolu kasvule.

Praegust teaduse riiklikku rahastamise süsteemi iseloomustab TA projektipõhisus ning väga suur sõltuvus Euroopa Liidu tõukefondidest. Projektipõhise rahastuse suur osakaal ei võimalda teadusasutustel seada pikaajalisi eesmärke ega paku teadlastele stabiilset uurimiskeskonda. Tõukefondide toel rajatud nüüdisaegsed hooned ja laborid on loonud teadustööks täiesti uued, rahvusvaheliselt atraktiivsed tingimused, kuid nüüd napib vahendeid, et neid täies mahus rakendada, sest Eesti oma maksutuludest finantseeritavate rahastusinstrumentide maht on jäänud enam-vähem 2008. aasta tasemele. Edukate riikidega võrrelduna madal TA investeeringute tase ja domineeriv projektipõhisus ei ole Eesti teadusasutustel võimaldanud arendada teadlaskarjääri mudelit, mis muu hulgas toetaks teadlaste koostööd ettevõtetega ja rahvusvahelist mobiilsust, soodustaks nende teadmussiirde ja innovatsiooni

alast enesetäiendamist, sh ettevõtlussektoris, ning motiveeriks noori valima teadlase või inseneri ametit.

Põrdeaegadel loodud ja meile edu toonud teaduse rahastamise süsteem on praeguseks ajale jalgu jäänud, ka selles ajapikku tehtud üksikud muudatused ei lahenda esile kerkinud probleeme. Mida on siis vaja muuta?

Hea teaduse rahastamise süsteem peab toetama teadlaskarjääri ning motiveerima teadusasutusi tulemuslikuks koostööks ettevõtete ja valitsusasutustega. Süsteem peab samuti toetama ja motiveerima ettevõtjaid teadus- ja arendustegevusse investeerima.

Hästi toimiv rahastamise süsteem peab olema selline, kus igal instrumendil on oma roll, kuid need kõik moodustavad kokku sidusa ja kooskõllaliselt toimiva terviku. Tihedas konkrentsis eraldatud uurimistoetused sobivad hästi tipptaseme saavutamiseks, kui need toetavad teadlasi nende karjääri eri etappidel. Kuid just tiheda konkrentsi tõttu ei saa uurimistoetused kindlustada ühiskonnale vajalike teadussuundade stabiilsust ning ei anna teadusasutustele (meie suurimad teadusasutused on ülikoolid) oma arenguplaanide teostamiseks vajalikke hoobasid. Seetõttu on vaja praegune teadusasutuste baasfinantseerimine kujundada ümber asutuste teadustegevuse toetuseks ja kasvatada selle maht uurimistoetuste mahuga võrdseks. Analoogiliselt ülikoolidele eraldatava kõrghariduse tegevustoetusega saab riik määrata toetuse kasutamise tingimused, näiteks et ülikoolidel tuleb oma vastutusvaldkondades konkrentsivõimelise kõrghariduse pakkumiseks tagada kvaliteetne teadustöö, toetada doktorantide teadustööd, rakendada teadlaskarjääri mudelit, suurendada koostöö mahtu ettevõtetega jne.

Uurimistoetused ja tegevustoetus koos peavad moodustama Eesti teadusele n-ö vundamendi, mille tugevusele on võimalik Eesti edu rajada. Samas moodustavad uurimistoetused ja tegevustoetus ka siis, kui avaliku sektori TA kulutused kasvavad 1%-ni SKP-st, alla poole kogu avaliku sektori teadus- ja arendustegevuse kulutustest. Lisaks uurimistoetustele ja tegevustoetusele rahastatakse teadust ka teiste ministeeriumide hallatavate rahastusinstrumentide ja -meetmete kaudu. Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni (TAI) strateegia eesmärkide saavutamise eelduseks on kõigi instrumentide ja meetmete koostöö maksimeerimine. Seetõttu tuleb läbi mõelda, kuidas toetab TA kulutuste mahu kasv kõigi olemasolevate ja vajaduse korral uute rahastusinstrumentide kaudu ühiskonna ja majanduse arengut.

Muudatuste ettevalmistamiseks kutsus Eesti Teadusagentuur 2016. aasta alguses kokku eri huvirühmade (Eesti Teaduste Akadeemia, haridus- ja teadusministeerium, ülikoolid, teadus- ja arendusasutused, noorteadlased) eksperdid. Ühise töö

⁶⁸ Siin ja edaspidi on teaduse all silmas peetud teadus- ja arendustegevust tervikuna.

tulemusena valmis „Uurimistoetuste ja baasfinantseerimise uus kontseptsioon teadus- ja arendustegevuse rahastamise süsteemis”, milles pakutakse välja uurimistoetuste ja baasfinantseerimise muudatused seoses teiste teadus- ja arendustegevuse rahastusinstrumentidega, nii et need kindlustaks Eesti riigi arenguks loogilise, sidusa ja tervikliku teaduse rahastamise süsteemi.⁶⁹

Uurimistoetuste ja baasfinantseerimise uues kontseptsioonis keskendutakse uurimistoetustele ja tegevustoetusele kui teaduse vundamenti ehitavatele instrumentidele. Teiste teadus- ja arendustegevuse ning teaduse, tehnosiirde ja innovatsiooni rahastusinstrumentide paremaks sidustamiseks tuleb võimalikult peatselt algatada rahastusinstrumente haldavate ministeeriumide ja sihtasutuste ühisarutelud, kuivõrd teaduse rahastamissüsteemi ümberkorraldamisega ilma muudatusteta sidustegevuste rahastamises ei ole võimalik saavutada teaduse oodatavat mõju majandusele.

Meie riigi üldise heaolu kasvuks ei ole meil muid alternatiive, kui investeerida inimestesse. Hea kõrghariduse andmise eeltingimus on väga hea teadus. Peale tarkade inimeste pakub teadus lahendusi meie ees seisvatele probleemidele (olgu need ettevõtluses või ühiskonnas laiemalt) ja uusi äri võimalusi. Seega tuleb suurendada investeeringuid teadus- ja arendustegevusse. Seejuures peab riigi ja ettevõtete roll teaduse suunajana märkimisväärselt suurenema ning teadusasustuste võimalused ja vastutus neile pandud ülesannete täitmisel kasvama.

Järelkasv ja teadlaskarjäär

Heli Lukner

Tartu Ülikool, vanemteadur

Teadlaskonna järelkasvu lähema kümmeaasta aasta perspektiivis moodustavad talendikad ja motiveeritud ülikooliteed alustanud noored kuni järel doktoriteni. Võrreldes varasema kümnendiga on avardunud ülikooli astujate ja üliõpilaste võimalused õppida välisülikoolides ning osaleda rahvusvahelistes vahetusprogrammides ja neid kasutatakse üha julgemalt⁷⁰. Meie gümnaasiumilõpetajad ja üliõpilased on konkurentsivõimelised ning kandideerivad edukalt ka väga tugevatesse välisülikoolidesse. Teadustalentide üles leidmise ja arendamise annab panuse, mida on raske alahinnata, meie olümpiaadide süsteem, õpilasteadustööde väärtustamine ja muud väljundid koos kõrgel tasemel keskkorraldusega. Rõõmuga võib nentida, et on hulgaliselt talendikaid ja ambitsioonikaid noori, kel on nii vaimupotentsiaali kui ka motivatsiooni pürgida teadlaseks. Kuid pidagem seejuures meeles, et uus põlvkond ei ole andnud lubadust süüa kodumaa ideaalide nimel kasvõi kartulikoori. Vabas ja majanduslikult kiirelt arenenud Eestis kasvanud noorte jaoks on oluline eneseareng ja oma võimete piiride kompamine. Piltlikult öeldes lennata nii kõrgelt, kui tiivad kannavad, ja muuta maailma.

Liikudes kõrghariduse alumistelt astmetelt kõrgemate poole, näikse teadlase kuvand muutuvat. Õppe esimeses astmes (bakalaureuseõpe) on teadlane-õppejõud kui väärikas eeskuju, teadmiste hulgalt inimvõimete piiril asuv ahvatlev ideaal. Doktorioõpe lõpuks asendub see kuvand äratundmisega, et teadussüsteemi sisenevalt teadlaselt oodatakse tööpoolest oma võimete piiril töötamist⁷¹, aga mitte pelgalt teadmiste alusel. Harva leidub niisuguseid püsivaid töökohti suurema töörühma juures, mis võimaldavad jätkata uurijana. Teadlaskarjääri alustav tänapäeva iseseisev teadlane on ennekõike edukas administraator, kes suudab taotleda ja hallata palju projekte, võrgustada, hankida seadmeid, ideid genereerida, juhendada töörühma, täita administratiivseid kohustusi ning ülikoolide all töötades ka õppetööd läbi viia. Ehk valdav osa tööajast kulub tegevustele ja nõuab pädevust, mida doktorantuuri vältel otseselt ei tähtsustata ega omandata. Teaduse tegemiseks, kui veel võhma jätkub, tuleb aega leida nn täistööaja välisest ajast ehk teha seda hobi korras. See suurt pingutust nõudev karjäärietapp langeb sageli kokku pere loomise eaga, mis toob kaasa täiendava ajakulu eraelus ning kasvavad ootused sissetulekule.

⁶⁹ Kontseptsioon on kättesaadav Eesti Teadusagentuuri kodulehel <http://www.etag.ee/teadusagentuur/dokumendid/> - „Uurimistoetuste ja tegevustoetuse uus kontseptsioon (2016)“.

⁷⁰ Erasmus+ 2014 Statistics. Euroopa Komisjon. –http://ec.europa.eu/dgs/education_culture/repository/education/library/statistics/2014/estonia_en.pdf (14.10.2016).

⁷¹ Alas, R., Kindsiko, E. (2012). Teadlase karjäär: Eesti rahvusvahelises taustsüsteemis. –http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/40968/Uuring.6.4_Teadlased_teenistus.pdf?sequence=1 (17.10.2016).

Kuidas alustatakse teadlaskarjääri? Eesti praeguse teadus-süsteemi ja karjäärimudeli eripärasid ja kitsaskohti on põhjalikult analüüsinud meie tippteadlased ja visionäärid^{72,73,74}, ja viited neis. Tuleb nukralt nentida, et süsteemi sisenemine on võrdlemisi juhuslik, nagu ka selles edenemine ning väljumine. Samuti tundub, et ootused teadlasele ja teadlasele võivad isegi ühe uurimisasutuse piires olla väga erinevad. Praegune akadeemiline töökorraldus on võrdlemisi läbipaistmatu ja kätkeb mistahes karjäärietapis kõrgeid ootusi koos ähmaste tulevikuperspektiividega ehk ohtralt läbipõlemise võimalusi. Meie teaduse kasv ja areng^{75,76,77} on suuresti toimunud süsteemi sisemiste ressursside arvelt, mis on nüüd ammendumas. Oleme jõudnud murdepunkti. Töökeskkond ja -tingimused praeguses süsteemis ei ole atraktiivsed neile talentidele, kes on omandanud kogemuse rahvusvahelis(t)es töörühma(de)s teaduse esirinnas, on võimelised võtma liidrirolli ning keda ootame siia tänast teadusmaastiku ajakohastama ja mitmekesistama ning homset üles ehitama.

Tuleme tagasi doktorantuuri lõpetajate juurde. Statistika näitab, et lõpetajate arv on viimastel aastatel üsna stabiilselt püsinud 200 ringis (joonis 2.3). Tuleb tõdeda, et doktorid kasvavad akadeemiliste vanemate näo järgi. Praeguses süsteemis valdavalt teadlaseks. Kraadi kaitsmise järel on noored silmitsi tõsiasjaga, et teaduses leiab omale koha hinnanguliselt vaid 10–20% doktorantuuri lõpetajatest. Mis saab ülejäänuid? Joonis 2.3 ilmestab, et erasektoris rakendust leidvate doktorite arv on palju väiksem kui avalikus sektoris ning viimastel aastatel ka kerges langustrendis. Paistab, et meie majandus, praegusel kujul, ei vaja meie ülikoolidest tulevaid doktoreid. Nende võimekate noorte ligikaudu kümneaastane investering haridusse osutub sageli ebatasuvaks ning saadab nad oma karjääri ümber mõtestama, välismaale siirduma või kodumaal uusi rakenduslikke teadmisi omandama väga haavatavas, pere loomise vanuses.

Ühe kõrghariduse ja teaduse visiooni väikeriigi jaoks pakub välja kurikuulus Gunnar Oki raport, mis rõhutab vajadust tihedamate sidemete loomise järele teaduse ja ettevõtluse vahel⁷⁸. Teadmispõhine majandus on olnud riikliku tähtsusega strateegiliseks eesmärgiks juba pikki aastaid. Ometi on need visioonid visad ellu rakenduma. Vahest on tulemuste ootuses oldud liiga kärsitud? Praeguse mitmekesise kõrgharidusmaastiku hoolikas jälgimine pakub probleemile lahendust – ettevõtlike professorite töörühmadest sirguvad ka ettevõtlikud lõpetajad, sh doktorid, kes omakorda loovad kõrgtehnoloogilisi firmasid. Kui suudame kõnealust mudelit senisest laiemalt rakendada, on meil olemas lahendus nende 80–90% doktorite jaoks, kes teaduses ei jätka.

Teisalt, liiga madalate sihtide seadmise eest teaduses, mis triivivad süsteemi ilmetusse keskpärasusse, hoiatab meid professor Mart Loog⁷⁹. Tema välja pakutud lennukas visioon on hädavajalik nende 10–20% doktorikraadi saaja jaoks, kel on nii vaimu- ja liidripotentsiaali kui ka motivatsiooni esirinnas teaduse tegemiseks. Süsteemi sisenevad teadlased ja nende võimekus mõjutab kogu süsteemi omadusi järgnevate aastakümnete vältel. Kokkuvõttes eeldab teaduse jätkusuutlik areng pikaajalist visiooni ning läbipaistvat, avatud, motiveerivat⁸⁰ ja arengut võimaldavat karjäärimudelit koos seda toetava rahastusega.

⁷² Niinemets, Ü. (2015). Teadlase karjäärimudel. Milleks, kellele ja kuidas? – <http://www.sirp.ee/s1-artiklid/c21-teadus/teadlase-karjaarimudel-milleks-kellele-ja-kuidas/> (17.10.2016).

⁷³ Niinemets, Ü. (2015). Eesti teadus Euroopa teadusruumis. – <http://www.sirp.ee/s1-artiklid/c21-teadus/eesti-teadus-euroopa-teadusruumis/> (17.10.2016).

⁷⁴ Stern, R. (2015). Teadussüsteemi kriis, teaduse kokkutõmbamine või jätkusuutlikkus? – <http://www.sirp.ee/s1-artiklid/c21-teadus/teadussusteemi-kriis-teaduse-kokkutombamine-voi-jatkusuutlikkus/> (17.10.2016).

⁷⁵ Allik, J. (2014). Eesti teaduse positsioon maailmas. – <http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2014/10/Eesti-teaduse-positsioon-maailmas-6-11-2014.pdf> (17.10.2016).

⁷⁶ Nature Index. Central & East Europe. – *Nature*, 522, S18–S19 (2015), doi:10.1038/522S18a (17.10.2016).

⁷⁷ Abbott, A., Schiermeier, Q. (2014). After the Berlin Wall: Central Europe up close. – *Nature*, 515, S22–25, doi:10.1038/515022a (17.10.2016).

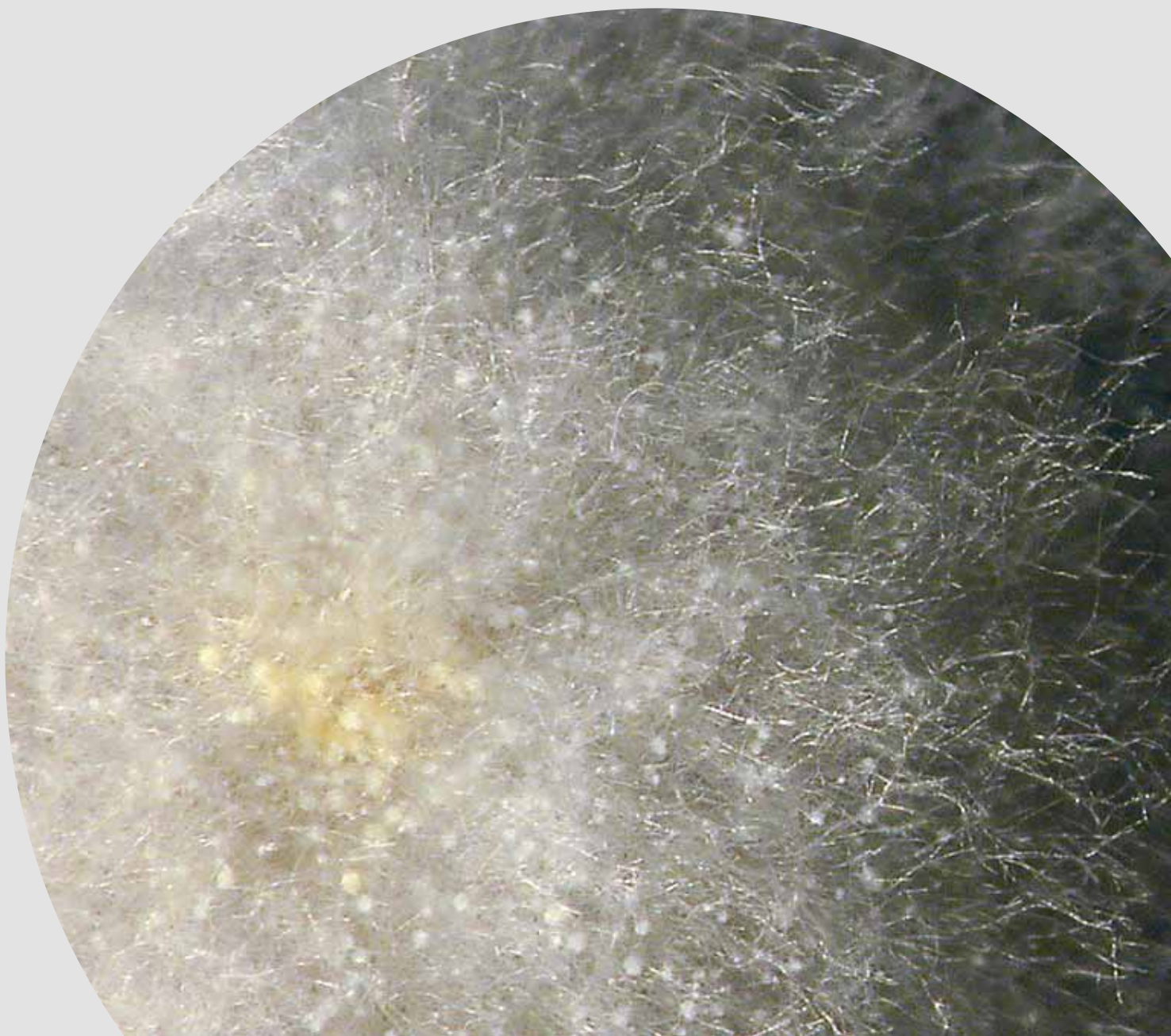
⁷⁸ Okk, G. (2015). Eesti ülikoolide, teadusasutuste ja rakenduskõrgkoolide võrgu ja tegevussuundade raport. – https://riigikantselei.ee/sites/default/files/riigikantselei/strateegiaburoo/eutarkvt_loppraport.pdf (19.10.2016).

⁷⁹ Loog, M. (2015). Teaduse kadumine ei muudaks midagi, tehkem teadust! – <http://arvamus.postimees.ee/v2/3414463/mart-loog-teaduse-kadumine-ei-muudaks-midagi-tehkem-teadust> (19.10.2016).

⁸⁰ Reino, A., Jaakson, K., Kase, K., Kivipõld K., Orav, P., Aidla, A., Türk, K., Ahonen, M. (2014). Eesti teadus -ja arendusasutuste juhtimismustrid. – TIPS uuringu 3.1 lõppraport. Tartu.

Plahvatus (hallituse koloonia LB tardsöötme).

Autorid: Triinu Visnapuu, Sulev Kuuse (Tartu ülikooli molekulaar- ja rakubioloogia instituut), 2010.



Teaduse tähtsus ja mõju ühiskonnale

Robert Kitt

Swedbank AS, juhatuse esimees
Tallinna Tehnikaülikool, külalisprofessor

„Teadus loob ühiskonnas kõigile sobivaid töökohti” – just sellise väitega võiks käesoleva essee kokku võtta. Et aga selle järelaluseni jõuda, tuleks alustada veidi kaugemalt.

Majandusteooria algtoed ütlevad, et majanduse väljund oleneb kasutatavatest ressurssidest. Robert Solow' esimene kasvumudel sidus väljundi kasutada oleva kapitali ja tööjõu korrutisega. Terve 20. sajandi teise poole jooksul kasvumudelit täiendati. Majandusteadlased tõid kasvuteguritena sisse ka innovatsiooni ja intellektuaalse kapitali. Kui alguses eeldati, et arengutase ja innovatsioon on määratud väliste teguritega, siis alates 1980-ndatest ja eriti Paul Römeri tööde põhjal on paljud hakanud pooldama nn endogeense kasvu teooriat, kus riigi arengutase sõltub riigisisestest ressurssidest. Üldiselt on tänaseks jõutud arusaamani, et kuna tööjõud ja kapital üldiselt muutuvad ajas aeglaselt, siis majanduse kiiremaks elavdamiseks peaks rõhku panema just innovatsioonile ning uusimate tehnoloogiate rakendamisele.

Samas on aga teada, et sissetulekute jaotus ühiskonnas allub astmeseadusele. See tähendab, et igas ühiskonnas on küllalt suur hulk inimesi, kelle sissetulek on väike, ja üksikud inimesed, kelle sissetulek on suur. See fenomen on tuntud ka kui Pareto jaotus: 80%le inimestest ühiskonnas kuulub 20% väärtusi või 20% inimestest teenib 80% tulust.

Riik kui kindlustuspoliis keskmisele inimesele

Eesti on väike avatud majandusega rahvusriik, kus iga kodanik on keele ja kultuuri kandja. Kuna meie rahvaarv on väike, siis on igal inimesel võrreldes suurriikidega palju suurem roll keele ja kultuuri edasikandmisel. Seega peaks Eesti majanduskasvu maksimeerimisel kindlasti arvestama paljude lihtsate töökohatadega, mis tagavad inimväärse äraelamise suurele hulga elanikkonnast. Eesti jätkusuutlikuks arenguks on vaja, et riik toimiks kui kindlustuspoliis, kus mitte kedagi ei jäeta ilma hariduseta, töökohata või üldise heaoluta sõltumata tema ideedest, veendumustest ja päritolust niikaua, kuni ta on kultuuri ja keele kandja.

Kuidas aga lahendada näiliselt vastuolulist dilemmat: majandusteooria seisukohalt oleks vaja panustada innovatsiooni, kuid kultuuri säilimise seisukohalt lihtsatesse töökohtadesse? Selgub, et vastus on õige lihtne: vaja oleks ergutada teaduse ja majanduse koostööd.

Iga ettevõtja silmis on teadustöö kasulik vaid siis, kui sinna investeeritud raha kuidagi ettevõtte majanduslikku heaolu kasvataks. Teiste sõnadega, ettevõtjad hindavad teadusinvesteeringuid peamiselt investeeringu asuvuse järgi.

Samas on teadlaste motivatsioon lahendada globaalselt olulisi probleeme, panustades teadmuse tekkimisse üle väga pika perioodi. Teadlaste motiiv ei ole enamasti intellektuaalse omandi kapitaliseerimine. Lähendades riigi teadustöö ja ettevõtluse kompetentsi, on võimalik saavutada väärtusahelaid, kus ettevõtjad on võimelised kommertsialiseerima teadlaste saavutatud tulemusi.

Milline on aga riigipoolse rahastamise seisukohalt ülikoolide eesmärk? Kas ülikool peaks olema teadusasutus või vajalike töökatte koolitaja? Arvestades, et ülikoolid peavad samal ajal tagama nii hariduse ja kultuuri säilimise kui ka kvalifitseeritud tööjõu ettevõtetele, ei saa siingi valida üht või teist äärmust. Majanduse arenguks on oluline koolitada vajalikke spetsialiste ning võimendada innovatsiooni ja tippteadust seal, kus selle alged on juba tekkinud.

Kuidas maksimeerida ettevõtluse ja teaduse ühisosa?

Mitte ainult Eesti, vaid enamik maailma riike on aga liiga väikesed ning neil ei ole piisavalt ressursse, et tegeleda absoluutselt kõikide teadus- ja tööstusharudega. Seega oleks lisandväärtuse kontekstis oluline maksimeerida ettevõtluse ja teaduse ühisosa. Seda ei saa aga saavutada poliitikaga, vaid ainult vaba konkurentsi kaudu. Maailmas on piisavalt kogemust näitamaks, et tsentraalselt planeeritud majandussüsteemid ei ole kestlikud. Samuti on küsitav, kas kunstlikult loodud teadusuunad annavad pika aja jooksul tõeliselt uut kvaliteeti. On loomulik, et teadusrühmad tegelevad just nende suundadega, kus nende loomingul on uuenduspotsentiaali. Tegeletakse valdkondadega, kus neid avaldatakse ja tsiteeritakse.

Globaliseerunud maailmas elades võib asuda seisukohale, et kõik on hästi, kui teadlased suudavad maailmale pakkuda uusi ideid. Nende ideede kommertsialiseerimisega ei pruugi ju tegeleda Eesti ettevõtted, vaid ükskõik kes üle laia maailma, kes iganes jõuab patentide eest maksta. Samuti mõtleavad ettevõtjad, et kui õnnestub piiri tagant hankida uut oskustea- vet, siis miks mitte seda kasutada. Ja mida rohkem õnnestub oma toodangut välismaal müüa, seda kasulikum ongi Eesti majandusele.

Siia ei ole peidetud vastuolu. Vastuolu seisneb asjaolus, et eesti keele ja kultuuri säilimise kontekstis on oluline, et kohalikud ettevõtjad suudaks luua sobivaid töökohti suurele hulga inimestele, olles samal ajal oma tööstusharus maailma tipus. Seda on aga võimalik saavutada vaid endogeense kasvumudeliga, kus kohalikud ettevõtjad kommertsialiseerivad just kohapeal loodud intellektuaalset omandit.

Kui aga Eesti teadlased loovad uut intellektuaalset omandit koos Eesti ettevõtjatega ja Eesti ettevõtjad loovad seeläbi paljudele sobivaid töökohti, siis saavutamegi olukorra, kus Eesti teadlased loovad Eesti inimestele töökohti. Teadust ongi vaja kõigile sobivate töökohtade loomiseks!

Avatud teadus

Olle Hints

Tallinna Tehnikaülikool, professor
avatud teaduse ekspertkomisjoni esimees

Avatud teaduse (*Open Science*) keskne idee on digitaalse teadusinformatsiooni vaba kättesaadavus, selle optimaalne ringlus ja kasutus nii teadlaste endi, eri huvirühmade kui ka ühiskonna poolt tervikuna. Avatud juurdepääs teaduspublikatsioonidele (*Open Access*) ja teadustöö alusandmete avaldamine on kaks olulisemat suunda, mida avatud teadus hõlmab, kuid nendele võib lisada avatud lähtekoodi, metadoloogiat, retsenseerimise jmt printsiibid, mis on üha laiemalt varasemaid tavasid asendamas. Miks? Sest avatud teaduse põhimõtted soodustavad teaduskoostööd, suurendavad tõhusust ja läbipaistvust ning kasvatavad tulemuste nähtavust ja tsiteeritavust. Sama oluline on tagasiside ühiskonnale ning laiemad võimalused teadusinformatsiooni kasutamiseks hariduses, riigiametites, harrastusteaduses ja mujal, kus juurdepääs suurele osale publikatsioonidest on piiratud. Paljud uuringud näitavad, et avatud teadus soodustab innovatsiooni ning sellel on märkimisväärne majanduslik efekt. Viimane on kahtlemata üheks olulisemaks põhjuseks, miks teadusmaailma mõjukaimad riigid (USA, Hiina, Suurbritannia, Kanada, Jaapan jt) tegutsevad jõuliselt teadusinformatsiooni vabama kättesaadavuse nimel. Euroopa Liidu ambitsioonikas eesmärk on muuta kõik Euroopa teadlaste artiklid ja nende alusandmed interneti kaudu vabalt kättesaadavaks juba alates aastast 2020. Enamik liikmesriike on samuti kinnitanud oma avatud teaduse poliitika ning paljud raha jagavad organisatsioonid on seadnud avatud juurdepääsu rahastamistingimuseks.

Eestiski ei ole avatud teaduse ideoloogia tundmatu. Meie olulisemad teadusajakirjad on olnud *de facto* vaba juurdepääsuga alates elektrooniliste versioonide ilmumisest enam kui kümme aastat tagasi ning avatud juurdepääsu teemalised üritused on Tartu Ülikooli raamatukogu eestvedamisel muutunud iga-aastaseks traditsiooniks. Eesti poliitilist seisukohta avatud teaduse küsimuses väljendab Vabariigi Valitsuse otsus, mis vastusena Euroopa Komisjoni teatisele teadusinfo kättesaadavuse ja säilitamise kohta ütleb muu hulgas: „Eesti toetab avatud juurdepääsu teaduspublikatsioonidele ning pooldab avaliku sektori poolt rahastatud teadusuuringute puhul avatud juurdepääsu seadmist rahastamistingimuseks.”^{81,82} Eesti teadus- ja

⁸¹ Vabariigi Valitsuse otsus. Istungi protokoll (04.10.2012). Eesti seisukohad Euroopa Komisjoni teatise „Teadusinfo paremini kättesaadavaks: rohkem kasu avaliku sektori investeeringutest teadustegevusse” ning Komisjoni soovitusel, 17.7.2012 nr C(2012) 4890, teadusinfo kättesaadavuse ja säilitamise kohta.

⁸² Seletuskiri Vabariigi Valitsuse protokollilise otsuse „Eesti seisukohad Euroopa Komisjoni teatise „Teadusinfo paremini kättesaadavaks: rohkem kasu avaliku sektori investeeringutest teadustegevusse” ning Komisjoni soovitusel, 17.7.2012 nr C(2012) 4890, teadusinfo kättesaadavuse ja säilitamise kohta” juurde. Haridus- ja teadusministeerium.

arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2014–2020 „Teadmistepõhine Eesti”⁸³ viitab avatud juurdepääsule kui ühele meetmele teadus- ja arendustegevuse ühiskondliku ja majandusliku kasu suurendamisel: „Soodustada avatud juurdepääsu avaliku sektori poolse rahastuse eest saadud uurimistöö tulemustele ja teadusandmetele. Alates 2013. aastast sisaldavad teadusrahastuse konkurentsipõhised instrumendid avatud juurdepääsu soovitusi. 2015. aasta väljavõte Eesti Teadusinfosüsteemi andmetest näitab, et konkurentsipõhiste teadusprojektide tulemusel avaldatud publikatsioonidest on juba üle 40% avatud juurdepääsuga.

Olulisi samme on Eestis astunud ka selliste tehniliste lahenduste loomisel, mis võimaldavad teadusandmete deponeerimist ja avaldamist. Esiletõstmist väärivad teadustaristu teekaardi objektid, nagu NATARC, Keeleressursside Keskus, Genoomikakeskus ja E-varamu ning DataCite Eesti konsortsium. Viimati mainitu pani 2015. aastal aluse võimalusele omistada Eestis teadusandmetele DOI identifikaatoreid, mis tagavad teadusandmete nähtavuse ja loovad võimaluse viitamiseks. Neid võimalusi kasutab siiski suhteliselt väike osa teadlaskonnast – paljudel erialadel ei ole alusandmete avaldamine veel kuigi levinud ning administratiivsed õigusaktid teadusandmete kättesaadavust Eestis seni ei reguleeri.

Milline on Eesti edasine tee avatud teaduse põhimõtete juurutamisel? Sellele mitmetahulisele küsimusele otsis vastuseid 2015. aastal moodustatud Eesti Teadusagentuuri avatud teaduse ekspertkomisjon. Komisjoni töö ja avalike arutelude tulemusena valmis 2016. aasta juunis Eesti avatud teaduse poliitikasoovituste dokument, mis sätestab aastaks 2020 Eestile kaks peamist strateegilist eesmärki:

- 1) avaliku sektori rahastuse toel avaldatud teadusartiklid on kõigile vabalt kättesaadavad hiljemalt üks aasta peale nende esmailumist, vähemalt pooled neist kohe ja lõplikul kujul, ja
- 2) avaliku sektori rahastuse toel kogutud teadusandmed on avatud repositooriumites kõigile vabalt kättesaadavad ja taaskasutatavad, kui seda ei piira seadusest tulenevad kitsendused.⁸⁴

Nende eesmärkide saavutamiseks pakkus komisjon välja hulga põhimõteteid ja konkreetseid tegevusi nii teadusraha jagajatele, TA asutustele kui ka teadlastele. TA asutuste tagasiside poliitikasoovituste dokumendile näitas üldist toetust avatud teaduse põhimõtetele, kuid tõi välja ka mitu murekohta. Peamiste probleemidena nähakse lisakulutuste tekkimist, teadlastele lisanduvat halduskoormust ja ohtu, et avatud juurdepääsu nõue mõjutab negatiivselt publikatsioonide kvaliteeti. Teadustöö algandmete avaldamisel võivad takistuseks osutuda

⁸³ Eesti teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni strateegia 2014–2020 „Teadmistepõhine Eesti”. (2014). Haridus- ja teadusministeerium. – https://www.hm.ee/sites/default/files/tai_strateegia.pdf (24.10.2014).

⁸⁴ Avatud teadus Eestis. Eesti Teadusagentuuri avatud teaduse ekspertkomisjoni põhimõtted ja soovitused riikliku poliitika kujundamiseks. Tööversioon 2016-02-29. (2016). SA Eesti Teadusagentuur. – http://www.etag.ee/wp-content/uploads/2016/03/AT_soovitused_20160229.pdf (28.10.2016).

mitmesugused piirangud, teadlastele lisanduv töömaht ja ebapiisavad oskused.

Täpse hinnangu, kui palju avatud teaduse ideoloogia juurutamine Eestis maksaks ning milline võiks olla selle mõju teaduse ja ühiskonna arengule, peab andma teadus- ja innovatsiooni- poliitika seire programmi (TIPS) uuring 2017. aastal. Lihtne arvestus osutab, et näiteks kõigile teadusartiklitele kohese avatud juurdepääsu tagamine maksaks Eestis maksimaalselt 3–4 mln eurot aastas. Välisülikoolides tehtud eksperimente arvestades võiks selline investeering kasvatada Eesti teadlaste rahvusvahelist nähtavust ja tsiteeritavust mitmekordseks. Väärrib märkimist, et lähedane summa kulub igal aastal teadus- ajakirjade tellimustele. Kui praegu valdav tellimustepõhine kirjastamismudel asenduks avaldamistasudel põhineva avatud juurdepääsu mudeliga, piisaks olemasolevate vahendite ümbersuunamisest. Globaalseid teaduskirjastamise trende saab Eesti mõjutada siiski ainult kaudselt, põhiliselt toetusega Euroopa initsiatiividele, mis soosivad teadusinformatsiooni vaba kättesaadavust. Üleminekuvariandina on Eestile jõukohane nn rohelise avatud juurdepääsu mudel, mis tähistab publikatsioonide isearhiveerimist ja avaldamist repositooriumis. Keskse teaduspublikatsioonide repositooriumi väljaarendamine ja käigushoidmine peaks olema üks lähiaja prioriteetseid tegevusi.

Eesti võimalused avatud teaduse valdkonnas rahvusvaheliselt silma paista on samuti seotud andmetaristu ja -teenuste arendamisega. Kõige olulisemaks ülesandeks on siin osalemine Euroopa teaduspilve käivitamises, keskendudes valdkondadele, kus Eestil on varasemad kogemused riigisisese taristu loomisel ja tipptasemel teaduskompetents, näiteks elurikkuse informaatikas.

Kokkuvõtteks tuleb nentida, et teadustulemuste vaba kättesaadavus on üldine suundumus, millega ka Eesti teadlased peavad üha enam arvestama. See, kas üleminek publitseerimise ja andmehalduse uutele mudelitele toimub sujuvalt, oleneb nii poliitilistest valikutest kui ka teadusasutuste valmisolekust teadlaste ja teadusinformatsiooni kasutajate hulgas avatud teaduse ideoloogiat propageerida.

Lisainfot vt Eesti Teadusagentuuri kodulehelt: <http://www.etag.ee/tegevused/teemad/avatud-teadus>

Jooksiklane kohastub vastavalt keskkonnale.

Autor: Enno Merivee (Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut).



Mis maksab aus teadus?

Toivo Maimets

Tartu Ülikool, professor

Kadri Mäger

Eesti Teadusagentuur,
uurimistoetuste osakonna koordinaator

Teadus on tänapäeva arenenud ühiskonna nurgakivi. Teadusel põhinevad uued teoreetilised ja tehnilised lahendused, mis edendavad inimeste tervist, elukeskkonda ja heaolu ning toetavad looduse, ühiskonna, majanduse ja kultuuri arengut ja ühiskonna sidusust. Teadus loob aluse teadmistepõhisele ühiskonnale, teadusepõhisele haridusele ja vastavale inimkultuurile. Selline keskne roll paneb teadlastele ja kõigile, kes teadusega seotud, erilise vastutuse – vastutuse tuleviku ees.

Teaduse, teadlaste ja teadmiste hindamisel on oluline koht usaldusel. Me usume, et meist targemate avastatud, järelatud ja loodud teadmised põhinevad täpsel, täielikul ja ausatel järeldustel ning on esitatud täies ulatuses korrektselt. Teadus on protsess, kus uut teadmist luuakse olemasoleva põhjal, ning seetõttu on tähtis, et loodud vundament oleks kindel ja usaldusväärne.

Teaduse usaldusväärsus tähendab seda, et teadustööd tehakse rangeimate professionaalsete standardite ning eetiliste normide kohaselt täie vastutus- ja tõetundega oma kolleegide, õpilaste ja kogu ühiskonna ees. Teaduslik meetod põhineb faktidel, mitte kallutatud arvamustel, ning seega oodatakse sellelt äärmist ausust ja tõepärasust.

Mis juhtub, kui usaldus kaob?

Kui vundament on viltu, siis korralikku maja ehitada ei saa. Kui teadlane ei saa usaldada oma kaasteadlaste teadustööd ja selle sõltumatust mistahes ideoloogilistest, majanduslikest või ka poliitilistest huvidest, kannatab nii nende enda töö, selle tulemused kui ka tõsiseltvõetavus. Teadusuuringud võivad sattuda aastateks tupikteedele. Raisku läheb hulk kulutatud aega, raha, reputatsioon, karjäär.

Väga suur osa tänapäevasest teadusest finantseeritakse avaliku raha eest. Kui väheneb ühiskonna usaldus teadlaste ja nende töö vastu, siis ei ole kannatajaks mitte ainult üksik reeglite rikkujad, vaid märksa suurem teadlaskond ning asutused, kus viimased töötavad. Kui kaob teaduse ja teadlaste usaldusväärsus avalikkuses, võib kaduda huvi ja soov üldse teadust rahastada. Teadlaste arvamus peaks olema oluline alus kõige tähtsamate ühiskonna ees seisvate ülesannete lahendamisel. Usalduse puudumise korral ei ole võimalik nende arvamustega arvestada. Pigem isegi vastupidi.

Miks valitakse kõver tee?

Väärkäitumiseks teaduses loetakse eelkõige plagieerimist, võltsimist ja andmetega manipuleerimist teadustöö mistahes etapis. Siia nimekirja võib lisada ka lohaka teadustöö (*sloppy science*), huvide konflikti eiramise, ressursside mitteshipärase kasutamise, heade kollegiaalsete suhete kuritarvitamise, reeglite eiramise inimuuringutes, loomkatsetes ja keskkonna säästmises, valikulise publitseerimise ning autorsuse omastamise.

Põhjuseid, miks teadlased valivad väärkäitumise tee, on esile toodud mitu:

- 1) Viimastel aastakümnetel on üha aktuaalsemaks muutunud teadustöö (nii teadlaste kui ka teadusasutuste) kvaliteedi mõõtmine. See on tingitud eelkõige suurenevast poliitilisest survest (finants)ressursside tõhusamale kasutamisele, samuti ühiskonna ootusest arusaadavate efektiivsusmõõdikute järel. Ehkki teaduse kvaliteedi mõõtmine kvantitatiivsete tunnuste järgi on väga ebatäpne ja viib tihti isegi täiesti valedele järeldustele, on ootus arusaadavate mõõdikute järel nii suur, et tihti arvatakse piisavat lihtsatest bibliomeetrilistest andmetest: artiklite arv, tsiteeringud, H-indeks jms. Eriti näeb seda neis maades, kus teaduskorraldus on enam administraatoritekeskne ning teadlaskonna eneseusaldus on väike. Tulemuseks on nn *publish-or-perish*-efekt: teadusasutuste ja teadlaste rahastamine ning karjääriotsused sõltuvad liiga suurel määral taolistest bibliomeetrilistest näitajatest. Sellise olukorra ebamõistlikkusele on osutatud aastaid, kuid muutused on visad tulema (vt. näit. Lawrence⁸⁵, Macilwain⁸⁶).
- 2) Hüperkonkurents ressurssidele. Näiteks biomeditsiini ja sellega seotud ressursivajaduse pidev kasv on tekitanud olukorra, mis ei julgusta parimaid noorteadlasi enam seda suunda valima ning takistab teadlaste normaalset tööd⁸⁷. Ilmeka näite töi Brian Martinson⁸⁸ ettekandes teadusuuringute usaldusvääruse neljandalt maailmakongressilt Rio de Janeiro 2015. aastal. 40 aasta jooksul oli kogukond, kes uurib teatud usse mudelobjektina, kasvanud 77-lt enam kui 4000 liikmeni ning kõik nad konkureerivad enam-vähem sama suure rahapoti pärast. Kui teadlane võitleb sisuliselt oma ellujäämise (ehk palga, teadusrühma edasise töö) nimel, võivad käiku minna äärmuslikud meetodid. Elisabeth Goodwin Wisconsin ülikoolist manipuleeris andmetega grandiprojekti taotlemisel, et veenda hindajaid tulemuslikkuses ja näidata ennast edukamana. Tema õpilane, kes sellest teatas, tunnistas, et nähtavasti toimus see ilmse surve all saada labori töös hoidmise jaoks uurimistoetus.

⁸⁵ Lawrence, P.A. (2007). *The mismeasurement of science*. – *Current Biology*, Vol 17, Issue 15, pp. 583-585.

⁸⁶ Macilwain, C. (2013). *Halt the avalanche of performance metrics*. – *Nature*, Vol 500, p. 255.

⁸⁷ Alberts, B., Kirchner, M.W., Tilghman, S., Varmus, H. (2014). *Rescuing US biomedical research from its systemic flaws*. – *PNAS*, Vol 111, No. 16, pp. 5773-5777.

⁸⁸ Martinson, B. (2015). *Getting to Research Integrity: An Eco-Systemic Perspective*. – http://www.wcri2015.org/ppt/1_june/Martinson_1june.pdf (19.10.2016).

Lugu lõppes Goodwinile kaheaastase tingimisi vanglastuse, kolmeaastase keeluga taotleda riiklikke grante ja saja tuhande dollari suuruse trahviga.⁸⁹

Siin juhib Martinson tähelepanu asjaolule, et teaduses on tänaseks võitlus ideede pärast muutunud olulisel määral võituseks ressursside pärast. Geman ja Geman⁹⁰ lisavad: „Paljud meist kulutavad palju rohkem aega oma ideede reklaamimisele kui nende formuleerimisele.”

- 3) Stressiolukord, näiteks surve saavutada kiireid tulemusi, võib tekitada olukordi, kus surve mõjul lõigatakse nurki sirgemaks. Siinjuures on väga oluline, milline on sisemine kultuur asjaomases riigis, asutuses või meeskonnas ning millised on eeskujud.
- 4) De Vries jt.⁹¹ töid välja selle, et enim probleeme näevad teadlased oma andmete õigsuses ja tõlgendamises, teadusreeglite olemasolus (tajuti eelkõige nende liiasust ja ülereguleeritust), kolleegidevahelistes suhetes ja omavahelises võitluses ning ideede varguses. Kokkuvõttes tekitab probleeme kõik see, mis on seotud sooviga olla võimalikult nähtav, edukas, olla pildil.

Teine sarnane uurimus⁹² näitas, et teadlaste eetilise käitumine sõltus tajutavast organisatsioonilisest õiglusest (*organizational justice*) ehk kuivõrd õiglasena tajutakse ressursside jaotumist ja protseduure.

- 5) Paratamatult on paljudi aga seotud konkreetsete isikuomadustega. Näiteks leiti ühes uurimuses, et väärkäitaja on tavaliselt korduvalt eksinud, ta töötab enamasti iseseisvalt ning teda iseloomustab nartsissistlik mõtlemine ja kalduvus leida alati oma käitumisele õigustusi.⁹³ Kvalitatiivne analüüs näitas, et väärkäitajad olid kindlad, et nende tegusid ei avastata, ning leidsid endal oleva õiguse manipuleerida andmetega nii, et need vastaks hüpoteesile. Veelgi enam – nad ei soovinud mitte lihtsalt au ja kuulsust, vaid olla oma alal superstaarid.

Kui tihti seda juhtub?

Fanelli⁹⁴ tegi kirjanduses avaldatud küsitluste metanalüüsi,

⁸⁹ Vt ka Allen, J. (2008). *Can of Worms*. – *Wisconsin Magazine*, 109(1):28–33(63).

⁹⁰ Geman, D., Geman, S. (2016). *Science in the age of selfies*. – *PNAS*, Vol 113, No. 34, pp. 9384–87.

⁹¹ De Vries, R.J., Andreson, M.S., Martinson, B.C. (2006). *Normal Misbehavior: Scientists Talk About the Ethics of Research*. – *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics: An International Journal*, Vol 1, No. 1, pp. 43–50.

⁹² Anderson, M.S., Crain, A.L., De Vries, R., Martinson, B.C. (2006). *Scientists' Perceptions of Organizational Justice and Self-Reported Misbehaviors*. – *Journal of Empirical Research on Human Research Ethics*, Vol. 1, No. 1, pp. 51–66.

⁹³ DuBois J.M., Anderson, E. E., Chibnall, J., Carroll, K., Gibb, T., Ogbuka, C., Rubbelke, T. (2013). *Understanding Research Misconduct: A Comparative Analysis of 120 Cases of Professional Wrongdoing*. – *Accountability in Research*, Vol. 20, Issue 5–6, pp. 320–338.

⁹⁴ Fanelli, D. (2009). *How Many Scientists Fabricate and Falsify Research? A Systematic Review and Meta-Analysis of Survey Data*. – *PLoS ONE*. 4(5): e5738. doi:10.1371/journal.pone.0005738 (19.10.2016).

kus teadlastelt küsiti, kui palju nemad ise või kui palju on nad kõrvalt näinud väärkäitumist. Analüüsi võeti 21 uurimust, mille on teinud eri uurijad aastatel 1987–2008. Küsitletutest 2% tunnistas, et nad on plagieerinud, võltsinud või andmeid manipuleerinud. Samas kinnitas 14%, et nad on sellist käitumist tähele pannud kolleegide seas. Muu ebasoovitava teadustöö praktika kohta ütles 34% küsitletutest, et nad on seda ise teinud ja koguni 72% sedastas, et on sellist tegevust kohanud kolleegide seas. Kokkuvõttes leiab Fanelli, et tegelikud arvud võivad olla palju suuremadki.

Gommel jt.⁹⁵ korraldasid küsitluse doktorantide seas. Ligi viienäntis, et olid vähemalt korra väärkäitunud (võltsimine, andmete manipuleerimine, ideede vargus jm), ja ligi pooled tunnistasid, et enne seda kursust teadsid nad korrektsest andmehaldusest ja autorsusest väga vähe. See viitab otseselt juhendajate ja mentorite ebapiisavale tegevusele.

Mis maksab väärkäitumine?

USA AUSA Teaduse Organisatsiooni (*Office of Research Integrity*) materjalide analüüsist selgub, et aastail 1992–2012 oli tagasikutsutud artiklite hinnaks 58 miljonit dollarit.⁹⁶ Põhjuseks, miks artiklid tagasi kutsuti, olid peamiselt plagieerimine või võltsing, andmetega manipuleerimine või muu pettus. Ühe juhtumi käsitlemine maksab otseste ja kaudsete kuludena 525 000 USA dollarit.⁹⁷ Siia sisse oli arvestatud ka pikaajalise uurimisega kaasatud eksperdid ja muud kulud. Ka Euroopa Liit rahastab uuringuid, mille eesmärk on välja selgitada väärkäitumise hind ja aUSA teaduse sotsiaalmajanduslik mõju.⁹⁸

Mida teha?

Kuna probleemi põhjused on väga kompleksed, siis loomulikult ei ole sellele ka lihtsaid lahendusi. On aga selge, et probleemiga peab tegelema eelkõige teadlaskond ise, sest kaalul on tema usaldusväarsus ühiskonnas ja sedakaudu ka teaduse tulevik. On oluline sõnastada ühised väärtused, mille järgimine on teadlastele enesestmõistetav. Samuti on vaja selgelt sõnastada probleemid ja võimalikud lahendused. Üks osa aUSA teaduse piiritlemisest kuulub nn halli tsooni – mitte alati ei ole selge, kas tegu on ebaaUSA käitumisega, ning teatud puhkudel oleneb hinnang ka kontekstist. Tulemuseks võib olla see, et omateada täiesti ausalt käituvad teadlased võivad

⁹⁵ Gommel M., Nolte, H., Sponholtz, G. (2015). *Teaching Good Scientific Practice: Results from a Survey and Observations from Two Hundred Courses*. – *JUnQ*, Vol. 5, Issue 2, pp. 11–16.

⁹⁶ Stern, A. M., Casadevall, A., Steen, R. G., Fang, F. C. (2014). *Financial costs and personal consequences of research misconduct resulting in retracted publications*. – *eLife* 2014;3:e02956. doi: 10.7554/eLife.02956 1 (19.10.2016).

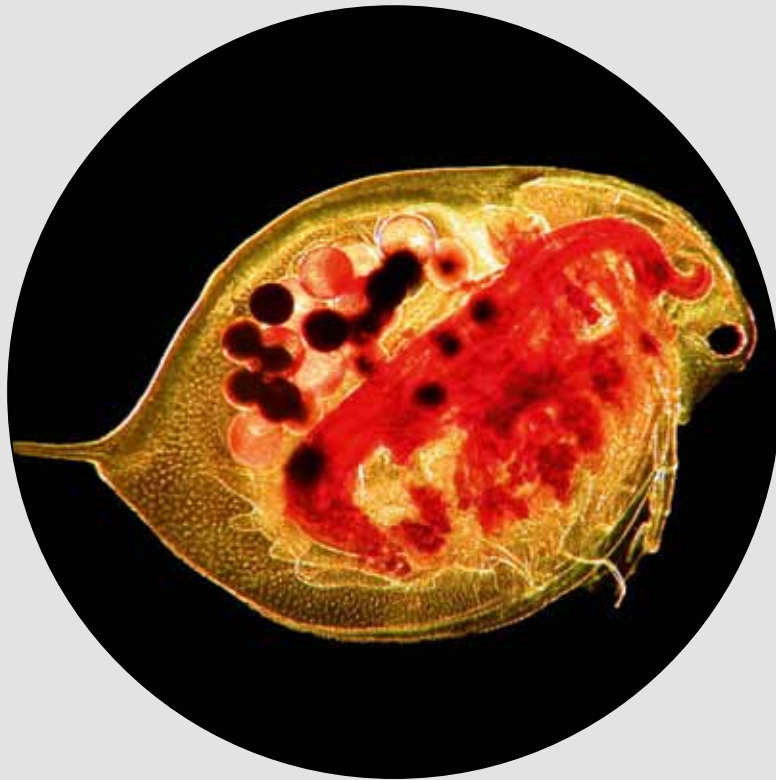
⁹⁷ Michalek A.M., Hutson, A.D., Wicher, C.P., Trump, D.L. (2010). *The Costs and Underappreciated Consequences of Research Misconduct: A Case Study*. – *PLoS Med* 7(8): e1000318. doi:10.1371/journal.pmed.1000318 (19.10.2016).

⁹⁸ *Estimating the costs of research misconduct and the socio-economic benefit of research integrity*. (2015). – <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/garri-9-2015.html> (19.10.2016).

sattuda šantaaži ohvriks. Siin on ühest küljest vaja võimalike konfliktide tekkevõimalusi tutvustada juba teadlaste varajastes haridusetappides, teisalt omada piisava autoriteediga eksperdikogusid, kes juhtumeid igast küljest analüüsivad ning tulemusi avalikkusele tutvustavad.

Eesti teadusasutustes on aastate jooksul tehtud hulk katseid ausa teaduse probleematikat sõnastada ja piire märgistada. Üheks õnnestunumaks dokumendiks võib pidada Eesti teadlaste eetikakoodeksit (2002)⁹⁹. Selle dokumendi formuleerimisest on aga hulk aega möödunud ja paljud probleemid uue nurga alt esile tõusnud. Seetõttu on praegu Tartu Ülikooli eetikakeskus ja Eesti Teadusagentuur ühendanud oma jõud, et luua uus käsitlus, mis loodetavasti on kasulik kõigile osalistele: teadusele, teadlastele, teadusasutustele ja tervele ühiskonnale.

⁹⁹ Eesti Teaduste Akadeemia. Eesti Teadlaste Eetikakoodeks. –http://www.akadeemia.ee/_repository/File/ALUSDOKUD/Eetikakoodeks2002.pdf (19.10.2016).



Vesikirp *Daphnia Sp* munadega.

Autor: Sulev Kuuse (Tartu ülikooli molekulaar- ja rakubioloogia instituut), 2007.

